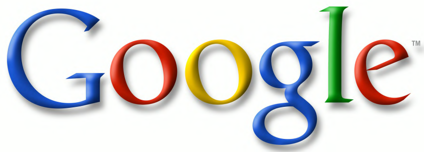
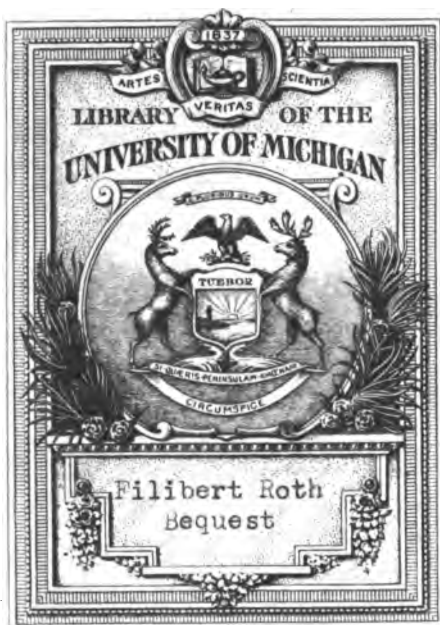




# Leitfaden

der

# Holzmeßkunde.

Von

**Dr. Adam Schwappach**

Professor und Vorstand der forsttechnischen Abteilung der Hauptstation
des forstlichen Versuchswesens zu Eberswalde.

---

**Zweite, umgearbeitete Auflage.**

Mit 22 in den Text gedruckten Abbildungen.





**Berlin.**

Verlag von Julius Springer.

1903.

# Vorwort zur 2. Auflage.

Bei Abfassung dieses Leitfadens ist mein Bestreben dahin gegangen, aus dem umfangreichen Gebiete der Holzmeßkunde hauptsächlich das herauszugreifen, was für den praktischen Gebrauch im Forstbetriebe, sowie bei Ausführung von forstlichen Versuchsarbeiten notwendig ist und sich bewährt hat.

Der Erfolg hat gezeigt, daß dieser Standpunkt richtig war, und bin ich sowohl durch Äußerungen befreundeter Kollegen als auch durch meine eigene Lehrtätigkeit dazu veranlaßt worden, ihn bei Bearbeitung der zweiten Auflage noch entschiedener zum Ausdruck zu bringen.

Infolgedessen sind in den Teilen, welche die Instrumentenlehre und die Massenermittelung am liegenden Stamme behandeln, noch mehrfache, nicht unwesentliche Kürzungen vorgenommen worden, welche es ermöglicht haben, ohne nennenswerte Vergrößerung des gesamten Umfanges die sehr reiche Literatur der neuesten Zeit in angemessener Weise zu berücksichtigen.

Vollständig neu bearbeitet sind die Abschnitte über die Massenermittelung von Beständen und der größte Teil der Zuwachsermittelung. In letzterem sind die neueren Arbeiten in umfangreicherer Weise berücksichtigt, als es sonst in den Lehrbüchern der Holzmeßkunde der Fall ist. Manche dieser Ausführungen pflegen der heute erst im embryonalen Zustande vorhandenen Zuwachslehre zugewiesen zu werden. Ich glaube jedoch, daß auf diese Weise nicht nur das Verständnis für die Methode der Messung erleichtert,

# Vorwort zur 2. Auflage.

Bei Abfassung dieses Leitfadens ist mein Bestreben dahin gegangen, aus dem umfangreichen Gebiete der Holzmeßkunde hauptsächlich das herauszugreifen, was für den praktischen Gebrauch im Forstbetriebe, sowie bei Ausführung von forstlichen Versuchsarbeiten notwendig ist und sich bewährt hat.

Der Erfolg hat gezeigt, daß dieser Standpunkt richtig war, und bin ich sowohl durch Äußerungen befreundeter Kollegen als auch durch meine eigene Lehrtätigkeit dazu veranlaßt worden, ihn bei Bearbeitung der zweiten Auflage noch entschiedener zum Ausdruck zu bringen.

Infolgedessen sind in den Teilen, welche die Instrumentenlehre und die Massenermittelung am liegenden Stamme behandeln, noch mehrfache, nicht unwesentliche Kürzungen vorgenommen worden, welche es ermöglicht haben, ohne nennenswerte Vergrößerung des gesamten Umfanges die sehr reiche Literatur der neuesten Zeit in angemessener Weise zu berücksichtigen.

Vollständig neu bearbeitet sind die Abschnitte über die Massenermittelung von Beständen und der größte Teil der Zuwachsermittelung. In letzterem sind die neueren Arbeiten in umfangreicherer Weise berücksichtigt, als es sonst in den Lehrbüchern der Holzmeßkunde der Fall ist. Manche dieser Ausführungen pflegen der heute erst im embryonalen Zustande vorhandenen Zuwachslehre zugewiesen zu werden. Ich glaube jedoch, daß auf diese Weise nicht nur das Verständnis für die Methode der Messung erleichtert,

sondern auch ein kleiner Beitrag zum Gebäude der Zuwachslehre selbst geliefert worden ist.

Möge die neue Auflage die gleiche freundliche Aufnahme finden wie die erste und bei den immer sorgfältiger und umfangreicher werdenden Arbeiten auf dem Gebiete der Forstabschätzung und forstlichen Statik gute Dienste leisten!

Eberswalde, Sylvester 1902.

Dr. Schwappach.

# Inhalts-Verzeichnis.

2. Physikalisches Verfahren.



III. Abschnitt.

**Ermittelung des Inhaltes einzelner stehender Bäume.**

1. Schätzung nach dem Augenmaß.



2. Schätzung nach Formzahlen.



3. Schätzung nach Massentafeln.



4. Stammkubierung nach Grundstärke und Richthöhe.



5. Sektionsweise Kubierung stehender Stämme.



IV. Abschnitt.

**Ermittelung des Massengehaltes von Beständen.**

I. Massenermittelung durch Schätzung.

II. Bestandesaufnahme durch Messung.



V. Abschnitt.

**Ermittelung des Alters.**



I. Ermittelung des Alters einzelner Bäume.



II. Ermittelung des Alters von Beständen.



VI. Abschnitt.

**Ermittelung des Zuwachses.**



I. Zuwachsermittelung am Einzelstamme.

1. Ermittelung der absoluten Größe des Zuwachses.

2. Ermittelung des Zuwachsprozentes.



II. Zuwachsermittelung an Beständen.



1. Zuwachsermittelung an Beständen für kurze Zeitabschnitte



2. Zuwachsermittelung an Beständen mit Hilfe von Ertragstafeln.

# Einleitung.

## § 1.

Die **Holzmeßkunde** beschäftigt sich mit der Ermittelung der Masse, des Alters und des Zuwachses einzelner Bäume und ganzer Bestände.

Synonym: **Baum- und Bestandesschätzung, Holztaxation, forstliche Körperlehre** oder **Stereometrie, Holzmeßkunst**.

Die Holzmeßkunde wurde früher allgemein und wird auch gegenwärtig noch häufig, als ein Teil der Lehre von der Forsteinrichtung behandelt. Wenn sie auch für die Zwecke der Betriebsregulierung höchst wichtige Dienste leistet, so muß doch berücksichtigt werden, daß die Holzmeßkunde noch einer viel weitergehenden Anwendung fähig ist. Sie bietet überhaupt die Mittel, um den Effekt der forstlichen Produktion dem **Volumen** nach zu bestimmen und ist deshalb auch bei allen forststatischen Untersuchungen, sowie zur Beschaffung der wichtigsten Grundlagen der Waldwertberechnung unentbehrlich. Besonders seit der Begründung des forstlichen Versuchswesens hat die Holzmeßkunde durch Verbesserung der Instrumente, durch feinere Ausbildung der Messungsmethoden und Beobachtungsregeln, sowie durch die Benutzung des reichen Beobachtungsmateriales wesentliche Fortschritte gemacht.

Bei der großen Ausdehnung und vielseitigen Bedeutung, welche dieses Gebiet in der Neuzeit gewonnen hat, darf die Holzmeßkunde nunmehr den Rang einer selbständigen Disziplin für sich in Anspruch nehmen.

Die Lehrsätze der Stereometrie und Physik bilden zwar die Grundlage der Holzmeßkunde, aber eine einseitige mathematische

Behandlungsweise führt in vielen Fällen zu Resultaten, welche für die Praxis und Wissenschaft gleich unfruchtbar sind.

Die unmittelbare und systematische Massenbeobachtung nach exakten Methoden, sowie die Berücksichtigung der naturwissenschaftlichen und waldbaulichen Forschungen können auf diesem Gebiet allein dazu führen, die zu Grunde liegenden Gesetze, trotz der großen Mannigfaltigkeit der einzelnen Erscheinungen, aufzufinden.

Literatur: Müller, Lehrbuch der Holzmeßkunde, Leipzig 1899, Baur, die Holzmeßkunde, 4. Aufl., Berlin 1891; Kunze, Lehrbuch der Holzmeßkunst, Berlin 1873; Guttenberg, Holzmeßkunde, in Lorey's Handbuch der Forstwissenschaft 1888, Bd. II, p. 96 ff. (Neuauflage im Druck begriffen); Stötzer's Forsteinrichtung, Frankfurt 1898, bringt eine ziemlich eingehende Darstellung der gesamten Holzmeßkunde. Die meisten neueren Arbeiten auf dem Gebiet der Holzmeßkunde sind teils in Monographien, namentlich jenen über Ertragsuntersuchungen, teils in Journalartikeln enthalten. Unter diesen Spezialarbeiten ist hier besonders: Kunze, Anleitung zur Aufnahme der Holzbestände, 2. Aufl. Berlin 1891, zu nennen.

Als Maßeinheit für die Bemessung der Holzmassen und des Zuwachses dient das Kubikmeter, und zwar dessen mit solider Holzmasse ausgefüllte Raum, welcher „Festmeter“ genannt wird. Wenn das Volumen eines Kubikmeters nicht stetig mit Holzmasse ausgefüllt ist, wie z. B. bei dem aufgearbeiteten Brennholz, wird der Inhalt eines solchen „Raummeters“ (in Bayern „Stère“ genannt) an solider Holzmasse nach den später zu besprechenden Methoden ermittelt.

Das „Festmeter“ bildet auch im Forsthaushalt die Rechnungseinheit für die Verbuchung der Holzmassen.

# I. Abschnitt.

## Instrumentenlehre.

### 1. Instrumente zur Ermittelung der Baumstärke.

### § 2. Instrumente zur Umfangsmessung.

Jene Baumteile, an welchen eine Messung der Stärke zum Zweck der Inhaltsermittelung vorgenommen wird, nämlich der Schaft und bisweilen auch noch die stärkeren, regelmäßig gewachsenen Äste, können für die gegenwärtigen Betrachtungen als Umdrehungskörper angesehen werden. Querflächen, welche durch Schnitte rechtwinkelig zur Achse erhalten werden, sind demnach Kreise.

In den meisten Fällen müssen die Dimensionen zur Berechnung dieser Querflächen erhoben werden, ohne daß ein unmittelbares Auflegen eines Maßstabes auf ihnen selbst möglich ist.

Die Berechnung des Inhaltes eines Kreises kann entweder aus dem Umfang oder aus dem Durchmesser geschehen.

In früherer Zeit war die Messung des Umfanges weitaus die gebräuchlichere. Diese erfolgte entweder mittels des Meßbandes oder eines dünnen, gut gedrehten Bindfadens.

Das gegenwärtig allein noch gebräuchliche Meßband ist ein 1,5—3 cm breites, leinenes oder hanfenes, gut gefirnißtes Band, welches auf der inneren Seite (um den Fehler zu vermeiden, welcher anderenfalls aus der Mitrechnung der Dicke des Bandes entstünde) die dem Umfang entsprechende Längenteilung und häufig auf der äußeren auch die korrespondierenden Kreisflächenangaben enthält. Das eine Ende ist mit einem Häkchen versehen, um in die Rinde eingedrückt zu werden, das andere ist an einem in der Achse einer ledernen, hölzernen oder metallenen Kapsel angebrachten drehbaren Zylinder befestigt, auf welchen es aufgerollt werden kann.

In neuerer Zeit benützt man vielfach 0,5—1 cm breite Stahlmeßbänder, welche sich durch eine Feder von selbst aufrollen.

Die Genauigkeit der Umfangsmessung wird dadurch beeinträchtigt, daß der Umfang wegen der vorstehenden Rindenschuppen gewöhnlich zu groß gefunden wird und alle Baumquerflächen mehr oder minder von der Kreisform abweichen. Die Messung des Um-

fanges wird außerdem häufig fehlerhaft ausgeführt, weil man ihn nicht genau rechtwinkelig zur Längsachse und deshalb zu groß bestimmt. Örtlichen Unregelmäßigkeiten kann ferner hierbei nicht so leicht ausgewichen werden, als bei der Ermittelung des Durchmessers mit Hilfe der Kluppe, und zwar um so weniger, je breiter die Meßbänder sind.

Nach Micklitz beträgt die Abweichung der mittels Umfangsmessung bestimmten Querfläche von der richtigen im Mittel + 6,8 %.

Der Vorzug des Meßbandes besteht darin, daß es leicht in der Tasche mitgeführt werden kann.

In der Praxis wird die Umfangsmessung aus den oben angeführten Gründen nur da noch angewendet, wo ein geringerer Grad von Genauigkeit genügt, also zur Orientierung, namentlich auf Reisen.

Ferner benützt man die Umfangsmessung auch zur Ermittelung geringer Änderungen des Durchmessers, da diese beim Umfang mehr als dreimal stärker zur Erscheinung gelangen. (Zuwachsmesser nach Friedrich).

## § 3. Instrumente zur direkten Messung des Durchmessers.

Im forstlichen Betrieb ist an die Stelle der Messung des Umfanges jetzt allgemein jene des Durchmessers mit Hilfe der Kluppe (früher häufig auch Gabelmaß genannt) getreten.

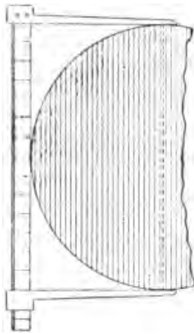


Fig. 1.

Dieses Instrument, dessen Prinzip schon länger bekannt und für verschiedene gewerbliche Zwecke in Anwendung war, ist seit dem Anfang des 19. Jahrhunderts allmählich immer mehr für die Bedürfnisse der Forstwirtschaft in Gebrauch gekommen.

Es besteht in seiner einfachsten Gestalt aus einem parallelepipedischen Maßstab, meist aus Holz, an dessen einem Ende ein Schenkel rechtwinkelig und fest in der Art angebracht ist, daß seine innere Fläche verlängert durch den Nullpunkt der Teilung des Maßstabes geht. Ein zweiter, beweglicher Schenkel läßt sich an dem Maßstab so verschieben, daß die innere Fläche in jeder Stellung rechtwinkelig zu diesem und damit auch parallel zu jener des festen Schenkels ist.

Wenn man von der Kreisform des Stammes, als von der normalen ausgeht, müssen die beiden Schenkel von der Innenkante des Maßstabes an gerechnet mindestens halb so lang sein, als das Maximum des Durchmessers, dessen Größe am Maßstab abgelesen werden soll (Figur 1).

Beim Gebrauch bringt man den betreffenden Stamm oder Baumteil zwischen die beiden Schenkel, drückt den festen Schenkel an, hält den Maßstab rechtwinkelig zur Längsachse des zu messenden Körpers dicht an diesen, verschiebt dann den beweglichen Schenkel solange, bis er dessen andere Seite berührt und liest nach dem Satz: Parallele zwischen Parallelen sind gleich, am Maßstabe die Größe des Durchmessers ab, ehe man die Kluppe vom Baum zurückzieht.

Des bequemeren Gebrauches wegen hat man Kluppen mit verschieden langen Maßstäben; die üblichen Längen für die Teilung sind: 25, 60 und 100 cm. Die Teilung des Maßstabes ist für die Zwecke der Praxis gewöhnlich in ganzen Zentimetern, für wissenschaftliche Arbeiten von zwei zu zwei Millimetern ausgeführt. Bei Ermittelung der Bestandesgrundflächen kommen auch größere Intervalle, meist von vier zu vier oder von fünf zu fünf Zentimetern, in Anwendung. Zweckmäßig erhalten derartig geteilte Kluppen noch auf der anderen Fläche des Maßstabes die gewöhnliche Teilung in einzelne Zentimeter.

Bei genauer Messung werden die Durchmesser, welche in der zweiten Hälfte des Teilungsintervalles des Maßstabes liegen (z. B. bei Teilung nach ganzen Zentimetern 0,50 cm und mehr) bereits der folgenden Stärkestufe, jene dagegen, welche in die erste Hälfte fallen, der vorausgehenden zugewiesen. Da also dem Kluppenführer (meist einem gewöhnlichen Waldarbeiter) die Entscheidung darüber überlassen werden muß, welcher Stärkestufe ein Durchmesser angehört, so entstehen leicht Ungenauigkeiten. Letztere werden vielfach dadurch umgangen, daß die überschießenden Bruchteile eines Zentimeters überhaupt unberücksichtigt bleiben, wie meist bei der Aufmessung des liegenden Stammholzes*).

---

*) Bestimmungen über die Einführung gleicher Holzsortimente und einer gemeinschaftlichen Rechnungseinheit für Holz im Deutschen Reiche v. 23. Aug. 1875.

Erheblich genauer werden die Ergebnisse durch Anwendung der selbstabrundenden Teilung, bei welcher die Ablesung ganz unabhängig von der Schätzung des Kluppenführers erfolgt.

Hier bezeichnen die Teilstriche die Grenze des Raumes, für dessen ganze Ausdehnung ein und dieselbe Durchmesserzahl gilt, letztere steht innerhalb des betreffenden Raumes. Zu diesem Zweck beträgt der Abstand des ersten Teilstriches vom Anfangspunkt des Maßstabes nur die Hälfte des als Teilungseinheit angenommenen Intervalles, während die übrigen Teilstriche von hier ab regelmäßig aufeinanderfolgen. Wenn a die Größe des Teilungsintervalles bezeichnet, so wird in den ersten ganzen Intervall 1 × a, in den folgenden 2 × a u. s. w. geschrieben.

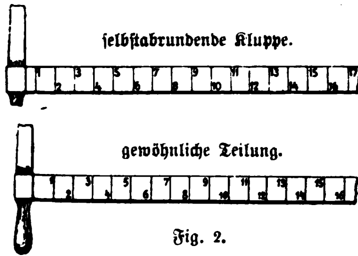


Fig. 2.

Bei der Teilung nach Zentimetern würde z. B. der erste ganze Skalateil den Raum von 0,50 bis 1,49 cm, der zweite jenen von 1,50—2,49 cm u. s. w. umfassen und mit 1 bezw. 2 bezeichnet sein.

Eine derartige Teilung ist also stets gegen den wirklichen Längenmaßstab um $\frac{1}{2}$ a nach dem Nullpunkt der Teilung verschoben, wie Figur 2 zeigt.

Wenn die Intervalle sehr groß gewählt werden (3 cm und mehr), so kann es sich empfehlen, den Maßstab nicht nach den wirklichen Stärkestufen 1 a, 2 a u. s. w., sondern nach Klassen mit: I, II u. s. w. zu bezeichnen, indem hierdurch die Arbeit im Wald vereinfacht wird.

Die Ziffer des Maßstabes muß stets möglichst nahe an den Anfang des betreffenden Intervalles geschrieben werden.

## § 4. Beschreibung einiger Kluppenkonstruktionen.

An eine gute Kluppe stellt man folgende Anforderungen:

1. Die Kluppe soll so leicht und doch auch so solid sein, daß sie einerseits bei längerer Arbeitsdauer nicht ermüdet und andererseits nötigenfalls eine etwas rauhe Behandlung in den Händen der Arbeiter verträgt;

2. die beiden Schenkel müssen bei der Messung stets rechtwinkelig zum Maßstab stehen und in einer Ebene liegen;
3. der bewegliche Schenkel muß sich leicht hin- und herschieben lassen, darf hierbei aber keinerlei Drehungen machen (ausgenommen ist die Aldenbrück-Friedrich'sche Kluppe).

Diesen sich teilweise widersprechenden Forderungen sucht man teils durch die Wahl geeigneter Materialien, teils durch verschiedene Formen der Konstruktion zu genügen.

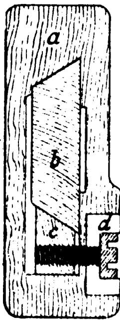



Fig. 3.
*a* beweglicher Schenkel; *b* Maßstab; *c* Metallkeil; *d* Schraube.

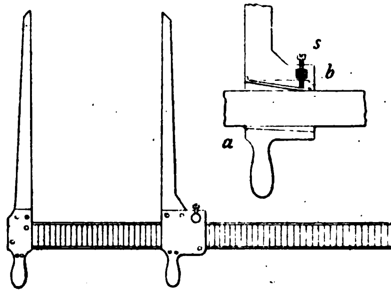



Fig. 4.
*a* innerer; *b* äußerer Stützpunkt (Feder); *s* Schraube.

Die Kluppen werden wegen der leichteren Handhabung nur selten aus Metall (Eisen, in neuerer Zeit auch Aluminium und Magnalium), sondern meist aus Holz (am besten gut ausgetrocknetem Birnbaumholz) gefertigt. Die Mißstände, welche sich aus dem Schwinden und Quellen des Holzes ergeben, haben die Ausbildung verschiedener Formen von Kluppen veranlaßt, von denen die wichtigsten nachstehend genannt werden sollen.

Die beste Konstruktion ist jene, welche Professor Gustav Heyer in Verbindung mit dem Mechaniker Staudinger in Gießen angegeben hat (zu beziehen durch Mechaniker Spörhase in Gießen, Preis 10—12 Mk.).

**Bei der G. Heyer'schen Kluppe (Figur 3) hat der Maßstab die Form eines Paralleltrapezes. Um das Schlottern zu verhüten und den Einfluß des Schwindens**

zu paralysieren, ist der Metallkeil $c$ unterhalb des Maßstabes $b$ angebracht, welcher mittels einer Schraube $d$ vor- und rückwärts bewegt werden kann. Zur Beseitigung des toten Ganges der Schraube dienen zwei kleine Spiralfedern, welche zwischen dem Keil und der Wand der Hülse eingelassen sind.

Sehr gut ist auch die 1864 von dem preußischen Oberförster Aldenbrück und später 1874 (unabhängig von diesem) vom damaligen Oberforstingenieur, nunmehrigen k. k. Hofrat Friedrich konstruierte Kluppe, welche vom k. k. Forstverwalter Emil Böhmerle noch verbessert worden ist, obwohl hier der Einfluß des Quellens nicht so vollständig beseitigt werden kann, wie bei der G. Heyer'schen Kluppe.

Bei der Friedrich'schen Kluppe (Figur 4) hat der bewegliche Schenkel einen Ausschnitt, welcher breiter als der Maßstab und schräg gegen diesen gestellt ist. Ersterer hat eine solche Form, daß im Augenblick des Messens, bei festem Anlegen der Schenkel an den Stamm, durch zwei Stützpunkte $a$ und $b$ die rechtwinkelige Stellung des beweglichen Schenkels gesichert ist, während er bei freier Bewegung eine schräge Stellung einnimmt. Ursprünglich waren beide Stützpunkte durch die Form des Ausschnittes im beweglichen Schenkel ohne weiteres gegeben. Da diese jedoch leicht abgenutzt werden, wodurch die rechtwinkelige Stellung des Schenkels leidet, hat Böhmerle als äußeren Stützpunkt $b$ eine metallene Feder angebracht, welche durch die in einer Messingmutter laufenden Schraube $s$ reguliert wird.

Eine summarische Übersicht der wichtigsten Kluppenkonstruktionen findet sich in folgender Zusammenstellung*):

I. Kluppen mit einem beweglichen Schenkel:

1. Der Querschnitt des Maßstabes ist ein Rechteck:
   a) Kluppe mit Feder (Preßler);
   b) Kluppe mit Schraube (Carl Heyer und [in anderer Ausführung] von Barth);
   c) Kluppe mit Keil (Smalian);
   d) Kluppe mit Rolle (Schultze);
   e) Kluppe von Aldenbrück und Friedrich (mit schiefem Einschnitt des bebeweglichen Armes).
2. Der Querschnitt eines Maßstabes ist ein Paralleltrapez;
   a) Kluppe mit Feder (Reißig);
   b) Kluppe mit Schraube (Eduard Heyer):
   c) Kluppe mit Keil und Schraube (Gustav Heyer).

*) Eine eingehende Beschreibung der verschiedenen Kluppen bringt Müller's Holzmeßkunde, p. 51 ff.

II. Kluppen mit zwei beweglichen Schenkeln:

1. Kluppe Patent Handloß;
2. Kluppe von Friedrich;
3. Kluppe von Püschel;
4. Kluppe von Stahl.

III. Scheerenkluppen.

Hier wird der Parallelismus der Schenkel durch zwei Bewegungsarme hergestellt, welche sich um einen festen Punkt nach Art der Scheeren drehen lassen.

1. Kluppe von Lütken;
2. Präzisionskluppe von Heidler.

Um die Aufschreibung der Kluppierungsergebnisse im Wald durch einen Manualführer zu vermeiden und gleichzeitig eine Kontrolle für die Messungen zu haben, hat man in neuerer Zeit sogenannte selbstregistrierende Kluppen konstruiert (Reuß, Eck, Buse, Hirschfeld, Wimmenauer, Hohenadl-Wappes). Sämtliche derartige Kluppen sind jedoch sehr kompliziert, meist schwer zu handhaben und teuer. Sie haben sich daher noch keinen Eingang in die Praxis zu schaffen vermocht. Für die Zwecke der Bestandesmassen-Ermittelung wäre indessen eine gute, selbst registrierende Kluppe sehr erwünscht und dürfte der hohe Preis hier durch die Ersparnis an Arbeitslöhnen bald ausgeglichen sein.

Die aussichtsvollste Form scheint jene von Hohenadl-Wappes zu sein, welche einfach und leicht zu handhaben ist. Sie gibt die Stammzahlen nach Stärkestufen von 5 cm.

Eine von den übrigen Kluppen vollständig abweichende Konstruktion besitzt die Winkelspanne des Oberförsters Treffurth*).

Hier sind die beiden Schenkel nicht parallel, sondern vereinigen sich unter einem Winkel und sind durch ein drittes Stück verbunden, welches als Maßstab dient. Dieses ist bei der Blochholzwinkelspanne linealförmig, bei der Bauholzwinkelspanne ein Kreissektor. Der Durchmesser ergibt sich bei einer einzigen Messung als das Mittel aus drei Radien.

Einen geringen Grad von Genauigkeit bieten die Kluppenstöcke, welche meist nur einen, zum Einklappen eingerichteten Schenkel besitzen, doch gibt es auch solche mit zwei Schenkeln (vom Mechaniker Spörhase in Gießen).

---

*) Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen 1888, p. 493.

Die Kubierungskluppen unterscheiden sich von den gewöhnlichen Kluppen nur durch eine eigenartige Einrichtung des Maßstabes, indem auf diesem neben den Durchmessern auch die einer Anzahl von Längen entsprechenden Kubikinhalte angegeben sind. Sie werden nur in jenen großen Nadelholzforsten gebraucht, wo die Bloche und bisweilen auch die Stämme nach wenigen, im voraus bestimmten Dimensionen abgelängt werden. Wegen der Schwierigkeit fehlerloser Ablesung können sie nicht empfohlen werden, die Kubierung erfolgt sicherer und bequemer im Schreibzimmer.

Am bekanntesten ist die württembergische Kubierungskluppe, eine entsprechend geteilte Barth'sche Kluppe, erfunden vom Forstmeister Waldraff in Neuenbürg. Eine eigenartige Konstruktion ist bei der vom bayr. Oberförster Haumann erfundenen Revolverkluppe*) angewandt.

Auch das Prinzip des Tasterzirkels ist ebenfalls zur Bestimmung der Baumdurchmesser verwendet worden. Das erste derartige Instrument, Baummeßzirkel genannt, scheint der Hilfsförster Kielemann in Hassenfelde bei Frankfurt a. O. um das Jahr 1840 konstruiert zu haben. Preßler hat sich um die Verbesserung und Verbreitung dieses Instruments sehr bemüht, allein es ist gegenwärtig nur noch an einzelnen Orten für Grubenholz in Gebrauch.

Zur Bestimmung der Durchmesser stehender Bäume in solchen Höhen, bis zu welchen man mit der Kluppe nicht reichen kann, hat man besondere Instrumente, die Baumstärkenmesser, welche später bei den Höhenmessern besprochen werden sollen.

Bei der Ermittelung des Flächeninhaltes von Stammscheiben werden die nötigen Dimensionen mit Hilfe passender Maßstäbe direkt abgelesen.

## § 5. Instrumente zur Ermittelung des Stärkezuwachses.

Für die Zwecke der Zuwachsuntersuchung ist es meist notwendig, nicht nur den gegenwärtigen Durchmesser, sondern auch die Zunahme messen zu können, welche dieser im Laufe der früheren Lebensperioden erfahren hat.

Wenn der Stamm zerschnitten ist, kann diese Messung auf den Querflächen direkt mittels gewöhnlicher, am besten prismatischer,

*) Baur, Holzmeßkunde. 4. Aufl., p. 29.

Maßstäbe vorgenommen werden. Eine besonders zweckmäßige Form besitzen die jetzt für derartige Arbeiten fast allein gebräuchlichen Baur'schen Zuwachsstäbe. Diese sind prismatische Maßstäbe, welche von dem in der Mitte liegenden Nullpunkt aus nach beiden Seiten hin in halbe Millimeter geteilt sind. Vor dem Nullpunkt ist eine kleine Hülse angebracht, um mittels eines in diese gesteckten Stiftes den Maßstab im Kern der Scheibe befestigen zu können.

Derartige Zuwachsstäbe werden aus Holz oder aus Metall gefertigt. Mechaniker Vogl in München liefert einen Satz von 10 verschieden langen hölzernen Zuwachsstäben zu dem Preise von 47 Mk., bei Mechaniker Sprenger in Berlin kostet ein Satz von zwei Zuwachsstäben aus Neusilber 67 Mk.

Fein gearbeitete Metall-Kluppen mit Noniusablesung oder Stangenzirkel können ebenfalls für diese Messungen benutzt werden.

Wenn eine Messung des Stärkezuwachses auf den Querflächen nicht stattfinden kann oder soll, also beim stehenden Stamm immer, aber häufig auch beim liegenden Stamm, wird diese Messung an Holzstücken ausgeführt, welche mit Hilfe des Preßler'schen Zuwachsbohrers dem Stamm entnommen worden sind.

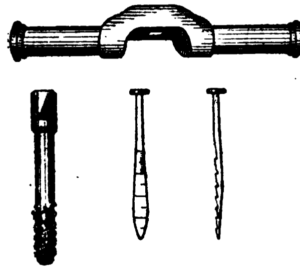


Fig. 5.

Der Preßler'sche Zuwachsbohrer*) (Figur 5) (verbessert von Neumeister) besteht im wesentlichen aus drei gesonderten Stücken:

1. Aus einem Hohlbohrer, welcher sich von der Spitze gegen die Handhabe zu kegelförmig erweitert:

2. aus der Handhabe, welche innen hohl und zur Aufbewahrung des Bohrers und der Klemmnadel dient;

3. aus der Klemmnadel. Diese ist auf der einen Seite mit einer Maßeinteilung, auf der anderen mit einer Zahnung versehen und hauptsächlich dazu bestimmt, den Span, nachdem er in der gewünschten Länge gebohrt ist, gegen die Innenwand des Bohrers zu pressen und festzuhalten, um hierdurch seine Trennung vom Stammkörper und das Herausziehen zu ermöglichen.

Bei der Anwendung setzt man den Bohrer möglichst in radialer Richtung und rechtwinkelig zur Stammachse an, dreht anfangs langsam, später in beliebig raschem Tempo, führt, wenn tief genug gebohrt, die Klemmnadel zwischen Span und Bohrerwand vorsichtig ein, klemmt sie durch schwache Schläge auf ihren Kopf

*) Auf Anregung Preßler's von dem Büchsenmacher Byssel zu Tharandt konstruiert.

fest, dreht den Bohrer zuerst etwas rückwärts, um den Span vom Holzkörper loszureißen und zieht dann den Span mit der Nadel oder, wenn das zu schwer gehen sollte, mit der Handhabe heraus.

Das Bohrloch wird bei Laubhölzern, um Faulstellen zu vermeiden, mit Baumwachs geschlossen.

Bezugsquelle: Verlagsbuchhandlung von Perles in Wien; Preis 14 Mk.

Zuwachsbohrer in sehr guter Ausführung liefert: Andr. Mattson in Mora (Schweden) zu dem Preis von 17 Mk.

Mit Hilfe des Zuwachsbohrers kann man ca. 6 mm starke und je nach der Holzart und Bohrersorte 5—15 cm lange Bohrspäne erhalten. Die Messung der Jahrringbreiten erfolgt an den zuerst mit einem scharfen Messer in der Faserrichtung beschnittenen und geglätteten Spänen entweder mittels der auf der Rückseite der Nadel eingeritzten Teilung oder mit Hilfe einer dem Apparate beigegebenen Blechhülse, welche ebenfalls eine Maßeinteilung enthält. Zweckmäßiger als diese Blechhülsen sind die von Billwiller und Kradolfer (techn. Versandtgeschäft) in Zürich zu beziehenden Spanhalter.

## 2. Instrumente zum Messen der Baumlängen.

### § 6. Instrumente zur Längenmessung am liegenden Stamm.

Bei gefällten Stämmen und Stammteilen wird die Länge entweder mittels Latten oder mittels Meßbänder bestimmt.

1. Die Latten bestehen aus 1—5 m langen Stäben von möglichst hartem, geradfaserigem, gut ausgetrocknetem und zum Schutz gegen die Feuchtigkeit mit Firnis überzogenem Holz. Der Querschnitt ist quadratisch oder rechteckig, die Größe der Seitenkanten schwankt zwischen 2 und 4 cm. Die Enden werden rechtwinkelig abgeschnitten und mit Metall beschlagen. Die im gewöhnlichen Betriebe gebrauchten Latten sind in Dezimeter, jene für feinere Messungen in Zentimeter geteilt.

2. Die Meßbänder, welche bei Messung der Baumlängen benutzt werden, sind die gleichen, wie die zu sonstigen Meßzwecken gebräuchlichen. Sehr empfehlenswert sind Meßbänder mit einer Einlage von Bronzedraht oder vernickeltem Stahldraht, welche Heßberg & May in Meiningen liefert (Meßband „Ideal").

Die Meßbänder haben bei Schnee und schmutzigem Wetter, sowie bei den harzreichen Nadelhölzern im Sommer bedeutende Schattenseiten, sie sind aber viel bequemer als die Latten und werden namentlich für wissenschaftliche Untersuchungen benutzt, bei

denen es notwendig ist, an demselben Stamm unmittelbar nacheinander verschiedene Längendimensionen zu bestimmen.

Da die Oberfläche des Stammes nicht parallel zu dessen Achse verläuft, so begeht man einen Fehler, wenn die Instrumente zum Längenmessen auf erstere gelegt werden, allein dieser ist so verschwindend (selbst bei sehr abholzigen Stämmen nur etwa 1:20000), daß er auch für feinere Arbeiten vernachlässigt werden darf.

## § 7. Geometrisches Höhenmessen.

Die Instrumente zum Messen der Höhen am stehenden Stamm sind zwar ungemein mannigfaltig konstruiert, beruhen jedoch sämtlich nur auf zwei Prinzipien.

Sie bestimmen nämlich die Höhen entweder mit Hilfe ähnlicher Dreiecke (geometrisches Höhenmessen) oder sie dienen zur Bestimmung des Elevations- bezw. Depressionswinkels (trigonometrisches Höhenmessen), welchen sie teils in absoluter Größe teils in der Form des Gefällprozentes angeben.

### Theorie des geometrischen Baumhöhenmessens.

Denkt man sich durch das Auge des Beobachters eine Horizontalebene gelegt, so trifft diese je nach dem Standpunkt des Beobachters den Baum entweder zwischen der Spitze (bezw. dem Punkt, dessen Höhe bestimmt werden soll) und dem Fußpunkt und teilt ihn in zwei Stücke, von denen eines über, das andere unter dieser Ebene liegt, oder sie geht unter dem Fußpunkt bezw. über der Spitze hinweg.

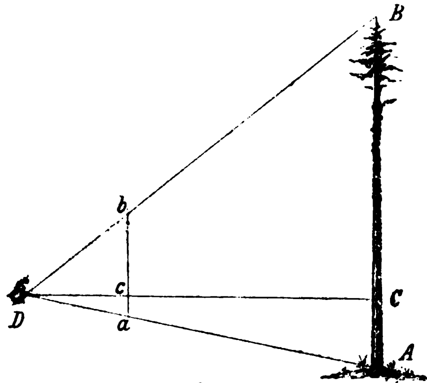


Fig. 6.

In jedem dieser drei Fälle ergeben sich unter der Voraussetzung eines vertikalstehenden Schaftes und der hierdurch bedingten Parallelität zwischen letzterem und dem an diesen Höhenmessern stets vorhandenem Lot durch Visieren mittels geeigneter Vorrichtungen nach der Spitze des Baumes bezw. dessen Fußpunkt ähnliche Dreiecke, welche zur Bestimmung der Baumhöhe benutzt werden können.

Obenstehende und folgende schematische Figuren (6—8) stellen die genannten drei Fälle dar.

Bezeichnet A B die Baumhöhe und C den Punkt, in welchem die Horizontalebene durch das Auge des Beobachters die Achse des Stammes bezw. deren Verlängerung trifft, b, a und c die bei der Visur nach der Spitze und dem Fuß des Baumes vom Höhenmesser fixierten korrespondierenden Punkte, so erhält man die Baumhöhe A B = h in folgender Weise:

1. Die Ebene durch das Auge des Beobachters trifft den Stamm zwischen Spitze und Fußpunkt (Figur 6).

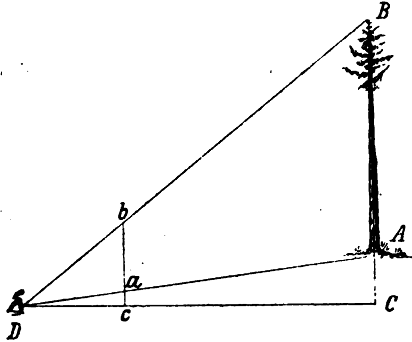



Fig. 7.

BC : bc = DC : Dc und

hieraus $BC = \frac{bc \cdot DC}{Dc}$

CA : ca = DC : Dc

ebenso $CA = \frac{ca \cdot DC}{Dc}$

$BC + CA = AB =$

$h = \frac{(bc + ca)\ DC}{Dc}$

2. Die Visierebene geht unter dem Fußpunkt des Baumes hindurch.

Aus Figur 7 folgt für diesen Fall:

$h = BC - CA = \frac{(bc - ca)\ DC}{Dc}$

3. Die Visierebene geht über der Spitze des Baumes weg.

In analoger Weise wird hier, wie Figur 8 ersehen läßt:

$$h = CA - BC = \frac{(ca - bc)\ DC}{Dc}$$

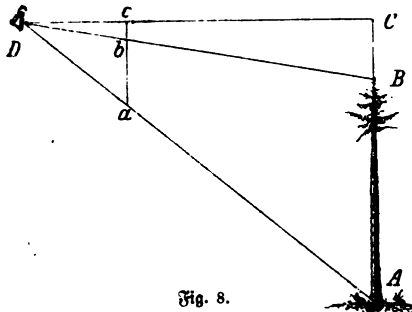



Fig. 8.

Zur Ermittelung der Baumhöhen sind also zwei Messungen nötig, da der Höhenabstand der Spitze und des Fußpunktes gegenüber der Horizontalen getrennt bestimmt und erst durch Kombination dieser beiden Größen in der eben angegebenen Weise die Baumhöhe gefunden wird.

ac, bc und Dc werden am Instrument in derselben Maßeinheit abgelesen, in welcher die horizontale Entfernung DC direkt in der Natur ermittelt wird.

Die Lage der Dreiecke Dcb und Dca ist an den einzelnen Instrumenten je nach der Konstruktion sehr verschieden.

Die Messung von DC kann auch umgangen und AB auf indirektem Wege in folgender Weise ermittelt werden:

Stellt man (Figur 9) neben den Stamm eine Latte MN von bekannter Länge l so auf, daß die Entfernung des Beobachters von der Stammachse jener von der der Latte gleich ist und zieht außer nach der Spitze und dem Fußpunkt des Baumes auch noch nach den beiden Enden der Latte, so erhält man auf dem Höhenmesser neben den Abschnitten bc und ac auch noch die beiden anderen cm und cn, sowie die ähnlichen Dreiecke DCM und Dcm, bezw. DCN und Dcn:

$$\text{Da } DC : Dc = AB : ab$$
$$\text{und } DC : Dc = MN : mn, \text{ so ist auch}$$
$$AB : ab = MN : mn$$
$$AB = \frac{ab \cdot MN}{mn} = \frac{ab \cdot l}{mn}$$

Die Modifikationen dieses Ausdruckes für die oben angeführten drei Fälle der Höhenmessung ergeben sich von selbst.

Diese indirekte Messung der Entfernung ist wegen der Schwierigkeit der exakten Einvisierung mit den gewöhnlich ziemlich primitiven Visiervorrichtungen der Baumhöhenmesser weniger genau, als die meist ohne Schwierigkeit ausführbare direkte Distanzmessung, und wird deshalb nur ausnahmsweise angewandt.

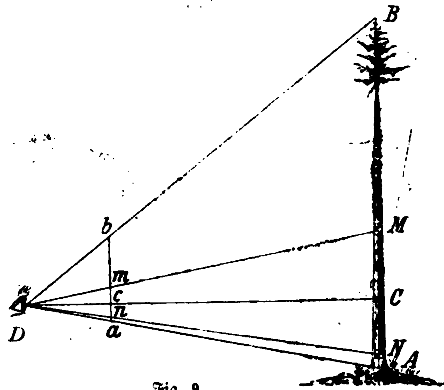


Fig. 9.

Für jene Baumhöhenmesser, bei welchen es möglich ist die Größe ba = m unmittelbar abzulesen (Klaußner, Ed. Heyer, Sanlaville) läßt sich die Theorie viel einfacher aus dem Satz ableiten: Werden parallele Linien durch Strahlen, die von einem Punkte ausgehen, geschnitten, so verhalten sich die entsprechenden, d. h. zwischen denselben beiden Strahlen gelegenen Abschnitte der Parallelen wie die zugehörigen Strahlenlängen. Bezeichnet l die Entfernung Da des Maßstabes, L = DA jene des Baumes vom Auge und h die Baumhöhe, so ist demnach:

$$l : L = m : h \text{ und}$$
$$h = \frac{L}{l} \cdot m$$

Die Zahl der Baumhöhenmesser (Hypsometer) ist eine sehr bedeutende. In der Praxis wirklich verwendbar sind nur jene,

welche keines Stativs bedürfen und die gesuchte Baumhöhe ohne umständliche Rechnung angeben.

Die einfachsten Apparate gestatten keine Einstellung auf die Horizontalentfernung, sondern werden in der Weise benutzt, daß durch Veränderung des Standortes des Beobachters dessen horizontale Entfernung von der Baumaxe gleich der Höhe der Baumspitze über der horizontalen Visierrichtung wird.

Am gebräuchlichsten in der Praxis sind die Höhenmesser von Faustmann und von Weise.

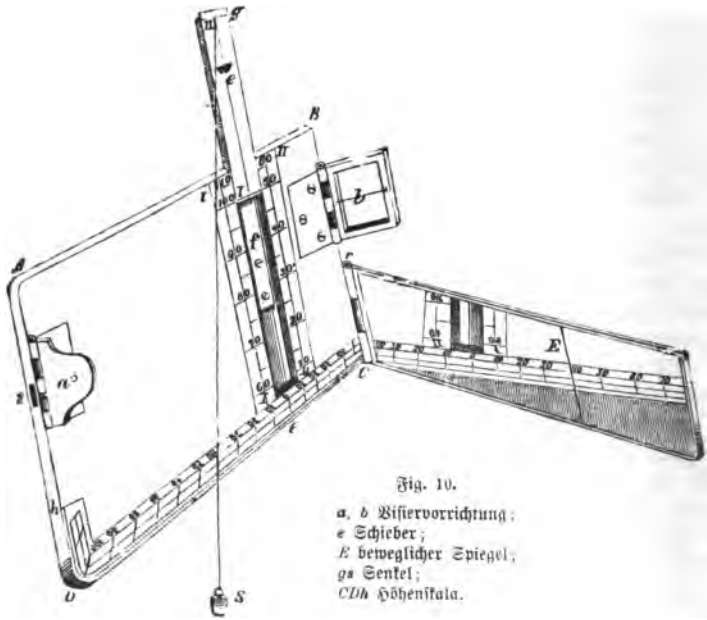
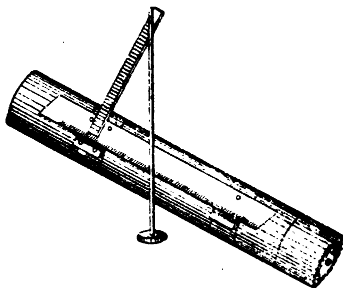


Fig. 10.
a, b Visiervorrichtung;
e Schieber;
E beweglicher Spiegel;
gs Senkel;
CDh Höhenskala.

Der Höhenmesser von Faustmann (Figur 10) besteht aus einem rechteckigen Brette, an dessen schmalen Kanten die Visiervorrichtungen parallel zu den Längskanten angebracht sind. Parallel zu den schmalen Kanten befindet sich ein Schieber, dessen Markierstrich auf so viele Teile der an dem Falze angebrachten Skala eingestellt wird, als die horizontale Entfernung des Messenden vom Baume in Längeneinheiten (gewöhnlich Meter) beträgt. An dem Schieber ist auch ein Senkel befestigt, dessen Faden an der Höhenskala CDh die gemessene Höhe in der für die Messung der horizontalen Entfernung gewählten Einheit anzeigt. Das Ablesen geschieht während der Visur mit Hilfe des beweglichen Spiegels.

Bei Weise (Figur 11) tritt an die Stelle des Brettchens mit den Diopter ein Visierrohr, an welchem sich ein prismatischer Stab in einer Hülse rechtwinkelig zur Visierachse entsprechend der Horizontalentfernung verschieben läßt. Am oberen Ende dieses Stabes ist ein Senkel statt an einem Faden an einem dreikantigen Metallprisma befestigt. Die Höhenskala ist parallel zur Visierrichtung seitlich am Rohre angebracht und mit kleinen Kerben versehen, um in diesen nach Messung der Höhe durch seitliches Drehen das Senkelprisma arretieren zu können.


Fig. 11.

Außer den Höhenmessern von Faustmann und Weise sei hier vor allem noch der Klaußner'sche Höhenmesser empfohlen.

Sonstige Instrumente, welche auf diesem Prinzip beruhen, sind: Zimmermannskreuz, rechtwinkeliges, gleichschenkeliges Dreieck, Höhenmesser von Hoßfeld, Winkler und noch viele andere*).

Am kompliziertesten sind: Das Dendrometer von Sanlaville und der Baumhöhenmesser von Eduard Heyer und Staudinger. Letzterer kann auch zur Messung schief stehender Bäume benutzt werden**).

Von der Möglichkeit mit Hilfe einer neben den Stamm gestellten Latte von bekannter Länge M die Höhe des Stammes ohne Messung der horizontalen Entfernung vom Aufstellungspunkt zu ermitteln, kann man in einfacher Weise, wie folgt, Gebrauch machen:

Man stellt neben den Stamm eine Stange von 2—4 m Länge und hält einen in Zentimeter geteilten Maßstab oder ein am unteren Ende etwas beschwertes Meßband so vor das Auge, daß die Visur über den Nullpunkt den Fuß des Baumes trifft, und liest sodann die durch Visur nach dem oberen Ende der Latte und der Spitze des Baumes geschnittenen Zentimeter = m bezw. = n ab

---

*) Wegen der Beschreibung der verschiedenen Höhenmesser wird auf die sehr gute Darstellung in: Müller's Holzmeßkunde S. 118—186 verwiesen.

**) Ed. Heyer, Über Messung der Höhen, sowie der Durchmesser der Bäume im allgemeinen, Gießen 1870.

Wenn M die Länge der Latte in Metern, so ist die Baumhöhe $h = M \frac{n}{m}$. Am einfachsten wird die Rechnung dann, wenn man so lange vor- oder zurückgeht, bis die Visur nach dem oberen Ende der Latte soviele Zentimeter am Maßstabe abschneidet, als die Latte Meter zählt, da alsdann die Ablesung bei der Visur nach der Baumspitze sofort auch dessen Höhe in Metern angibt.

Nach dem gleichen Prinzip ist der Höhenmesser von Christen*) konstruiert, bei welchem mit einem Metallmaßstab von feststehender Länge so lange vor- und zurückgegangen wird, bis die Visuren über die obere und untere Kante die Spitze bezw. den Fußpunkt des Baumes treffen. Die Visur nach dem oberen Ende der Latte ergibt alsdann die Baumhöhe in Metern.

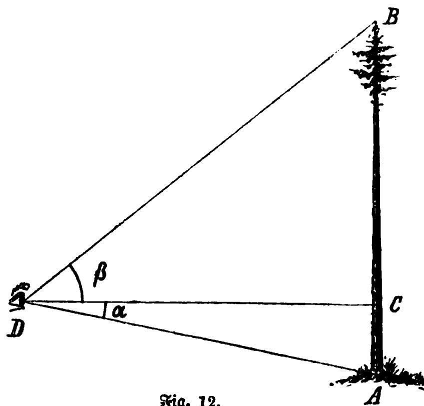



Fig. 12.

### § 8. Trigonometrisches Höhenmessen.

Die Theorie des trigonometrischen Höhenmessens ist bei den gleichen allgemeinen Voraussetzungen, welche oben für das geometrische Höhenmessen gemacht wurden, folgende (Figur 12):

In $\triangle$ BCD ist $BC = DC \operatorname{tg} \beta$

In $\triangle$ DCA ist $CA = DC \operatorname{tg} \alpha$

$$BC + CA = h = DC(\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta)$$

Wenn die horizontale Visierlinie nicht den Stamm selbst, sondern nur dessen Verlängerung nach unten oder oben trifft, wird analog der oben bei der Theorie des geometrischen Höhenmessens gegebenen Ableitung

für den zweiten Fall: $h = DC(\operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} \alpha)$

„ „ dritten „ : $h = DC(\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta)$

Will man sich das Messen der horizontalen Standlinie sparen, so kann dieses auch hier durch eine neben dem Baum parallel zu dessen Achse aufgestellte

*) Allgem. Forst- u. Jagdzeitung 1892, p. 72.

Latte von bekannter Länge geschehen. Wenn die Visur nach deren Endpunkt die Elevations- bezw. Depressionswinkel $\mu$ und $\nu$ ergibt (Figur 13), so wird

$$MC = DC \operatorname{tg} \mu$$

und $$NC = DC \operatorname{tg} \nu$$

$$MN = l = DC(\operatorname{tg} \mu + \operatorname{tg} \nu)$$

und hieraus $$DC = \frac{l}{\operatorname{tg} \mu + \operatorname{tg} \nu}.$$

Setzt man dieses in den obigen Ausdruck für h ein, so erhält man

$$h = \frac{l(\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta)}{\operatorname{tg} \mu + \operatorname{tg} \nu}$$

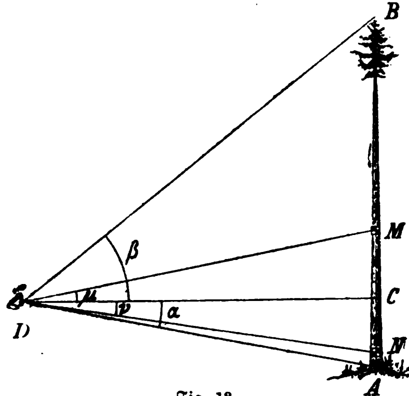


Fig. 13.

Zur Bestimmung der Baumhöhen auf trigonometrischem Wege können alle jene Instrumente benutzt werden, welche zur Messung von Vertikalwinkeln dienen.

Für die Zwecke der Holzmeßkunde werden aber nur die einfachsten dieser Instrumente, und zwar solche ohne Stativ gebraucht, deren Teilung gewöhnlich so eingerichtet ist, daß man statt der Winkel selbst entweder die entsprechenden Tangentenwerte (Preßler's Meßknecht) oder die Neigung der Visierlinie zur Horizontalen in Prozenten ausgedrückt ablesen kann.

Bei Instrumenten mit der zuletzt erwähnten Teilung (Spiegeldiopter von Abney-Dorrer, Höhenmesser von Spengler, Bose 2c.) ist der vertikale Abstand H des anvisierten Punktes von der Horizontalen = E o · op, wenn E die Entfernung vom Baum und p das abgelesene Prozent bezeichnet.

Als Fehlerquellen kommen bei den Höhenmessungen in Betracht: 1. ungenaue Ablesung infolge des Schwankens des Lotes bei bewegter Luft oder unruhigem Halten des Instrumentes, 2. fehlerhaftes Visieren, 3. ungenaues Messen der Standlinie, 4. schiefe Stellung des Baumes.

Am genauesten wird bei sonst gleichen Umständen die Messung dann, wenn die horizontale Entfernung gleich der Höhe des Baumes genommen wird*).

*) Der Beweis hierfür findet sich in: Kunze, Lehrbuch der Holzmeßkunst, 2. Aufl., p. 91.

Die gebräuchlichen besseren Instrumente zur Baumhöhenmessung gestatten eine Genauigkeit, welche je nach den äußeren Verhältnissen zwischen 0,5 und 1,0 m schwankt.

## § 9. Instrumente zum indirekten Messen der Durchmesser.

Mit verschiedenen Höhenmessern sind auch Vorrichtungen verbunden, welche gestatten, den Durchmesser eines stehenden Baumes in beliebiger Höhe indirekt zu messen (Winkler, Klaußner, Sanlaville und Wimmenauer).

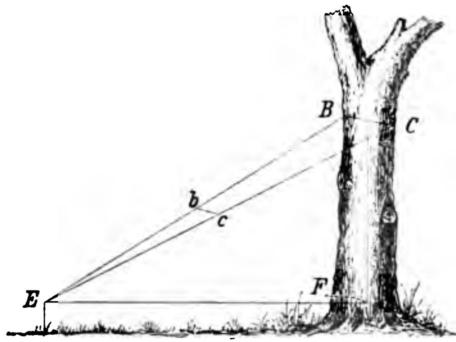



Fig. 14.

Das zu Grunde liegende Prinzip besteht darin, daß aus der Größe eines auf den Instrumenten gemessenen Bogens oder einer kleinen Geraden bc und aus dessen Entfernung vom Baum der Durchmesser BC des letzteren abgeleitet wird (Figur 14).

Da hierbei sehr kleine Winkel und Bogen unter relativ ungünstigen Verhältnissen (bei den älteren, einfach konstruierten Instrumenten ohne Fernrohr oder mit schlechter Beleuchtung des Objekts) gemessen werden sollen, so ergeben sich aus den unvermeidlichen Ungenauigkeiten bei der Einstellung und Ablesung solche Fehlerprozente, daß die mittelbare Messung von Durchmessern nur äußerst selten vorgenommen wird.

Eine Berechnung des Einflusses der verschiedenen Fehlerquellen bei der indirekten Bestimmung des Durchmessers findet sich in Kunze, Holzmeßkunst, p. 99.

In neuerer Zeit sind verschiedene Instrumente konstruiert worden, welche diese Nachteile zu vermeiden suchen (Guttenberg, Wimmenauer, Starke, Friedrich). Sie sind aber dann sämtlich sehr kompliziert und teuer.

Das beste Instrument zur indirekten Messung des Durchmessers hat Hofrat Friedrich konstruiert, welcher die Parallelverschiebung des Fernrohrs anwendet.

Ein neues Mittel, die Durchmesser in beliebiger Höhe am stehenden Baum zu messen, bietet die Photographie. Nach J. Weber kann man jetzt wenigstens bis zu einer Höhe von 14 m auf diesem Wege Messungen mit einem recht befriedigenden Grad von Genauigkeit ausführen*).

An dieser Stelle ist noch ein Instrument zu nennen, welches zwar nicht zur Bestimmung der Durchmesser in absolutem Maß, sondern zum Aufsuchen jener Stelle dient, an welcher der Durchmesser einen aliquoten Teil (und zwar die Hälfte) des Brusthöhendurchmessers besitzt, nämlich das Preßler'sche Richtrohr.

Wegen seiner Ungenauigkeit und der beschränkten Anwendbarkeit ist dieses Instrument jedoch gegenwärtig nicht mehr im Gebrauch. (Näheres hierüber findet sich in Müller, Holzmeßkunde S. 197 ff).

### 3. Instrumente zur physikalischen Kubierung.

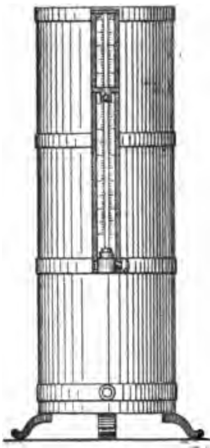
### § 10. Xylometer und Wage.

Der Inhalt unregelmäßig geformter Holzstücke, namentlich der Äste und Wurzeln, kann nicht auf stereometrischem Wege gefunden, sondern muß nach den physikalischen Methoden der Inhaltsbestimmung der Körper ermittelt werden. Die für diesen Zweck zu verwendenden Instrumente sind das Xylometer (auch Aichgefäß genannt) und die Wage.

a. Xylometer. Bereits Hennert hat vor mehr als hundert Jahren (1782) unregelmäßige Holzstücke, deren Inhalt er bestimmen wollte, in einen starken Eichenholzkasten von bekanntem Inhalt legen lassen und solange Wasser darauf gegossen, bis der Kasten voll war. Aus der Differenz der Volumina des Kastens und des Wassers fand er den Inhalt des Holzes. Diese Methode wurde im Laufe der Zeit durch Konstruktion zweckmäßiger Apparate sehr verbessert. Das ihnen zu Grunde liegende Prinzip ist stets Messung des Volumens

*) J. Weber, Holzmassenermittelung am stehenden Stamm auf Grund photographischer Aufnahmen, Gießen 1902.

des durch das Eintauchen der Holzstücke verdrängten Wassers. Dieses kommt in zwei Formen zur Anwendung: entweder ist das betreffende Gefäß bis zu einer in der Nähe des oberen Randes befindlichen Ausflußöffnung mit Wasser gefüllt, und man ermittelt alsdann, wieviel Wasser infolge des Einlegens des Holzes ausfließt (Konstruktion von K. Heyer und R. Hartig), oder die betreffenden Apparate sind nur soweit voll Wasser, daß dieses nach dem Eintauchen des Holzes letzteres ganz bedeckt; den Wasserstand liest man vor und nach dem Einlegen an einer geeignet geteilten kommunizierenden Glasröhre ab. Diese Konstruktion wurde zuerst von Reißig und Klauprecht angewendet und später von Zimmer verbessert*).


Fig. 15.

Apparate der erstgenannten Art werden gegenwärtig nur für gelegentliche Untersuchungen benutzt und können jederzeit ohne Schwierigkeit vorbereitet werden. Für genauere Arbeiten im Wald sind dagegen ausschließlich Xylometer mit Wasserstandsröhren in Gebrauch, welche Mechaniker Teßdorpf in Stuttgart zu dem Preise von 150 Mk. liefert.

Diese Xylometer (Figur 15) sind zylindrische Gefäße aus Zinkblech mit einem Holzboden, von ca. 1,80 m Höhe und 0,60 m Durchmesser. In der halben Höhe beginnt das Wasserstandsrohr, an dessen Skala sich der Inhalt bis auf 0,5 cdm direkt ablesen läßt. Beim Gebrauch wird das Instrument horizontal aufgestellt, teilweise mit Wasser gefüllt und dessen Stand vor und nach dem Eintauchen abgelesen. Die Differenz beider Ablesungen ist gleich dem Volumen der betr. Holzstücke.

Für feinere Arbeiten im Laboratorium dienen die Präzisionsxylometer von Friedrich**), welcher zwei Formen konstruierte, die auf den beiden oben angeführten Prinzipien beruhen. Am empfehlenswertesten ist jene Ausführung, bei welcher das vom Holz verdrängte Wasser ausfließt und dessen Volumen mittels eines

*) Eine ausführliche Beschreibung der verschiedenen Xylometerkonstruktionen nebst Abbildung findet sich in: Baur, Untersuchungen über den Festgehalt und das Gewicht des Schichtholzes und der Rinde, Augsburg 1879, p. 92 ff.

**) Zentralblatt f. d. ges. Forstwesen 1894, p. 52.

Systems von Glasbüretten bis auf 0,1 ccm genau gemessen werden kann.

b. Wage. Da die xylometrische Behandlung bei größeren Holzquantitäten (namentlich bei Reisig) zu zeitraubend und zu umständlich ist, so ermittelt man in solchen Fällen auf diesem Wege nur das Volumen eines kleinen Bruchteiles und leitet hieraus sowie aus den absoluten Gewichten das Volumen der ganzen Masse ab (vergl. § 17).

Das absolute Gewicht wird mittels gewöhnlicher Wagen erhoben, und zwar bedient man sich mit Vorteil speziell der für die Zwecke der Holzmassenermittelung gebauten Schnellwagen, wie sie z. B. Ottmann in Augsburg zu dem Preise von 50 Mark liefert.

Diese Wagen gestatten eine Belastung bis zu 200 kg, wobei noch halbe Kilogramme abgelesen werden können, außerdem sind noch zwei weitere Teilungen (bis zu 80 kg in $^1/_5$ kg und bis zu 30 kg in $^1/_{10}$ kg) angebracht, demgemäß sind auch drei verschiedene Aufhängepunkte für die Last vorhanden. Dezimalwagen eignen sich zum Gebrauch im Walde wenig, weil die Aufstellung umständlicher und die Wägung selbst zeitraubender ist als bei Benutzung der Schnellwage. Außerdem gehen leicht die kleinen Gewichte verloren, und das Auflegen des nicht in Wellen gebundenen Reisigs ist nur schwer auszuführen.

## II. Abschnitt.

## Ermittelung des Inhaltes einzelner liegender Stämme und Stammteile.

Die Holzmeßkunde zeigt, in welcher Weise die Kubierung ganzer Stämme und jener Stammteile, die als „Rohsortimente" oder „Waldsortimente" aus der Hand des Holzhauers hervorgehen, erfolgt; die Inhaltsberechnung des sogenannten appretierten Nutzholzes gehört nicht in ihr Gebiet.

### 1. Stereometrisches Verfahren.

### § 11. Berechnung der Querflächen.

Die verschiedenen Formeln zur Kubierung der Stämme auf stereometrischem Wege setzen sämtlich die Kenntnis einer oder mehrerer Querflächen voraus. Diese können entweder aus dem Umfange

oder aus dem Durchmesser abgeleitet werden. Die Formeln hierfür sind unter Voraussetzung der Kreisform dieser Querfläche g:

1. bei bekanntem Umfange : $\frac{u^2}{4\pi} = 0{,}0796\ u^2$ oder

2. bei bekanntem Durchmesser : $\frac{\pi}{4} d^2 = 0{,}785\ d^2$

Die Querflächen der Bäume weichen jedoch fast stets mehr oder minder von der Kreisform ab. Im allgemeinen hängt ihre Form in der Hauptsache von folgenden Momenten ab:

1. Schaftteil (unten, soweit der Wurzelanlauf reicht, und oben in der Krone sowie auch schon etwas unterhalb der letzteren am unregelmäßigsten).

2. Alter (jüngere Stämme sind im allgemeinen regelmäßiger geformt als ältere).

3. Holzart (Hainbuche und Pyramidenpappel zeigen die unregelmäßigsten Querflächen).

4. Stand (im geschlossenen Stande ist der Wuchs regelmäßiger als im freien; einseitige Beastung wirkt stets deformierend).

Außerdem kommen noch als zufällige Ursachen in Betracht: Windige Freilage des Standortes, Aufreißen der Rinde im hohen Alter und schiefe Stellung des betreffenden Baumes.

Nach eingehenden Untersuchungen von Mußet, Sachs, Th. Hartig, Nördlinger, Grundner*) u. a. scheint es, daß die Querflächen der Bäume Ellipsen sind, deren große Achse auf demselben Standorte eine konstante Richtung und zwar meist von Westen nach Osten hat, sie wird hauptsächlich vom Faktor „Wind“ beeinflußt.

Hieraus ergibt sich, daß die Umfangsmessung, abgesehen von den Ungenauigkeiten, welcher dieser Methode an und für sich ankleben, meist unrichtige Resultate geben muß, weil der Kreis bei gleichem Umfang die größte Fläche einschließt; die in der Regel nicht kreisförmigen Querflächen werden demnach auf diesem Wege zu groß gefunden.

Nach Untersuchungen, welche die badische Forstdirektion im Jahr 1860 anstellte, lieferte die Umfangsmessung Resultate, welche bei der Buche um 8%, Eiche um

*) Grundner, Untersuchungen über die Querflächenermittelung der Holzbestände, Berlin 1882.

7 %, Fichte um 13% und Kiefer um 8% zu groß waren. Micklitz fand einen Flächenfehler von + 6,8%.

Aus vorstehender Erörterung folgt aber auch, daß zur genauen Bestimmung der Querfläche die Messung eines einzigen Durchmessers nicht ausreicht, sondern daß deren mindestens zwei, tunlichst zu einander rechtwinkelig stehende, und zwar wenn möglich der größte und der kleinste, gemessen werden müssen.

Die Praxis begnügt sich in der Regel mit der Messung eines einzigen Durchmessers, nur bei augenfällig elliptisch gewachsenen Stämmen werden zwei solche „über Kreuz" bestimmt. Letzteres ist bei wissenschaftlichen Untersuchungen Regel. Obwohl es nach den Untersuchungen von Schmidtborn scheint, als ob man bei der Messung nur zweier Durchmesser in der Regel etwas zu große Resultate erhält (Mittel + 1,4 %, Maximum + 4,7 %, Minimum + 0,02 %), so geht man doch auch selbst bei den feinsten Arbeiten selten weiter, da diese Ungenauigkeit verschwindet gegen die sonstigen unvermeidlichen Fehler.

Wenn mehrere Durchmesser gemessen sind, so wird das arithmetische Mittel hieraus der Flächenberechnung zu Grunde gelegt, da auf diesem Weg ein genaueres Resultat erhalten wird, als wenn man für jeden Durchmesser die zugehörige Kreisfläche berechnen und das Mittel aus letzterer nehmen wollte.

Wird der Stammquerschnitt als Ellipse mit den beiden halben Axen a und b betrachtet, so ist sein Inhalt: $f = \pi ab$.

Bei der Berechnung des Querschnittes nach dem arithmetischen Mittel der Durchmesser ergibt sich:

$$f_1 = \pi \left(\frac{a + b}{2}\right)^2 = \pi ab + \frac{\pi}{4}\left(a - b\right)^2$$

Wird dagegen das Mittel aus der betreffenden Kreisfläche genommen, so hat man:

$$f_2 = \pi \left(\frac{a^2 + b^2}{2}\right) = \pi ab + \frac{\pi}{2}\left(a - b\right)^2$$

Der Fehler ist also im zweiten Fall doppelt so groß als im ersten.

Unregelmäßige Stammstellen (z. B. Astabgänge) sind bei der Durchmesserbestimmung zu vermeiden, und ist in einem solchen Fall für sehr genaue Arbeiten der Durchmesser in gleicher Entfernung oberhalb und unterhalb der eigentlichen Meßstelle zu ermitteln und aus beiden Messungen das Mittel zu nehmen, meist begnügt man sich jedoch damit, etwas höher oder tiefer zu messen. Stärkere

Ansätze von Borke, Moos u. s. w. an der Meßstelle, welche den Durchmesser unrichtigerweise größer erscheinen lassen würden, sind vor der Messung zu entfernen.

Wird die Querfläche als kreisförmig angenommen, und beim Ablesen des Durchmessers ein Fehler von $\pm \varphi$ gemacht, so erhält man statt der richtigen Kreisfläche

$$g = \frac{\pi}{4} d^2 \text{ eine solche } g_1 = \frac{\pi}{4}(d \pm \varphi)^2,$$

mithin einen Flächenfehler

$$g_1 - g = \frac{\pi}{4}\left[(d \pm \varphi)^2 - d^2\right] = \frac{\pi}{4}(\pm 2d\varphi + \varphi^2).$$

Da $\varphi$ und $\varphi^2$ sehr klein sind, so kann man letzteres vernachlässigen und den Flächenfehler $\Delta = \frac{\pi}{4} \cdot 2d\varphi$ annehmen.

Die Flächendifferenz $\Delta$ ist demnach bei gleichbleibendem Fehler $\varphi$ proportional dem Durchmesser und umgekehrt bei gleichem Durchmesser proportional $\varphi$.

In Prozenten der wahren Fläche g ausgedrückt ist der Fehler

$$\Delta = \frac{p}{100} g \text{ und } p = \frac{\Delta \cdot 100}{g}$$

$$\text{oder } p = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot 2d\varphi}{\frac{\pi}{4} d^2} \cdot 100 = 200 \frac{\varphi}{d}.$$

Wenn ein bestimmter Genauigkeitsgrad bei den Messungen erzielt werden soll, muß also die Bestimmung des Durchmessers um so sorgfältiger vorgenommen werden, je kleiner letzterer ist.

Aus dem letzterwähnten Ausdruck läßt sich die Größe des Maximalfehlers für einen bestimmten Genauigkeitsgrad ableiten, indem

*
$$\varphi = \frac{pd}{200} \text{ ist.}$$

Soll z. B. p nicht größer sein als 2 %, so ist die zulässige Fehlergröße:
bei d = 10 cm für $\varphi$ = 0,1 cm
„ d = 20 „ „ $\varphi$ = 0,2 „
„ d = 30 „ „ $\varphi$ = 0,3 „ u. s. w.

* Not applicable where large numbers are being measured since ~~the~~ there is always "overrun" + "underrun"; when these are eq[...]

Ungleich geringeren Einfluß auf die Genauigkeit der Inhaltsberechnung als ein Fehler bei der Durchmesserermittelung, hat ein solcher, welcher bei der Längenmessung begangen wird.

Wird beim Messen der wirklichen Länge l ein Fehler $\vartheta$ gemacht, so ist das Fehlerprozent $p = \frac{\vartheta}{l} 100$.

Da für Längenfehler $p = 100 \frac{\vartheta}{l}$, für Durchmesserfehler $p = \frac{200\varphi}{d}$, so sind beide gleich, wenn

$$\frac{200\varphi}{d} = \frac{100\vartheta}{l} \text{ oder } \frac{\varphi}{d} = \frac{\vartheta}{2l}.$$

Ist z. B. $l = 25$ m, $d = 0{,}5$ m und $\vartheta = 1$ m, so ist das Fehlerprozent für die Bestimmung der Länge:

$$\frac{100 \cdot 1}{25} = 4\,\%.$$

Für den Durchmesser von 0,5 m berechnet sich mit dem gleichen Fehlerprozent:

$$4 = \frac{\varphi \cdot 200}{0{,}5};$$

$$\varphi = 0{,}01 \text{ m}.$$

Ein Längenfehler von 1 m hat demnach in diesem Fall einen gleich großen Einfluß auf die Genauigkeit des Resultates, als ein Fehler von 1 cm bei Bestimmung des Durchmessers.

## § 12. Kubik- und Kreisflächentafeln.

Für den praktischen Gebrauch werden die Kreisflächen niemals nach den oben angegebenen Formeln berechnet, sondern aus sogenannten Kreisflächentafeln entnommen.

Die bekanntesten und gebräuchlichsten sind jene von: Kunze*), Ganghofer**) und Preßler***). Diese geben die Resultate auf drei bezw. vier Dezimalstellen von Quadratmetern; außer den bereits angeführten hat Kunze im Jahre 1868 auch „siebenstellige Kreisflächentafeln für alle Durchmesser von 0,01 bis 99,99" herausgegeben.

---

*) Kunze, Hilfstafeln für Holzmassen-Aufnahmen, Berlin 1884.

**) Ganghofer, Der praktische Holzrechner nach dem Metermaß, 3. Aufl., Augsburg 1888.

***) Preßler, Forstliche Kubierungstafeln, herausgegeben von Neumeister, 10. Aufl., Wien 1898.

Außer den Kreisflächen werden bei der Holzmassenermittelung noch zwei andere sehr häufig vorkommende Rechnungen ebenfalls mit Hilfe solcher Tafeln ausgeführt, nämlich die Ermittelung des Kubikinhaltes und jene der Grundflächensumme mehrerer Stämme. Für ersteren Zweck dienen die Kubiktabellen, welche für gegebene Durchmesser d und Längen l das Produkt $\frac{\pi}{4} d^2 \cdot l$ enthalten; für letzteren benutzt man die Kreisflächenmultiplikationstafeln (vielfache Kreisflächentafeln), aus welchen in gleicher Weise für verschiedene Durchmesserstufen d und Stammzahlen n die Produkte $\frac{\pi}{4} d^2 \cdot n$ zu entnehmen sind.

Wenn für die Längen nur Abstufungen von ganzen Metern angenommen werden, so kann ein und dieselbe Tabelle sowohl zum Aufschlagen der Kubikinhalte als auch der vielfachen Kreisflächen benutzt werden.

Der Einfachheit wegen sind die eben genannten Hilfstafeln gewöhnlich mit einander verbunden, dieses ist u. a. namentlich auch bei den drei oben genannten Werken von Ganghofer, Kunze und Preßler der Fall; ausschließlich für die Zwecke der Inhaltsberechnung sind die Behm'schen Tafeln*) bestimmt.

Als sonstige Rechenhilfsmittel seien an dieser Stelle außer den Rechentafeln und Rechenmaschinen noch genannt der Kubierungskreis von Weber und der Rundholzrechenapparat Kubus**).

## § 13. Methoden für die Inhaltsberechnung liegender Stämme.

Die stereometrische Methode zur Berechnung des Inhalts der Bäume kann, von wenigen Ausnahmen (einzelne Äste) abgesehen, nur auf ihren regelmäßig geformten Teil, nämlich auf den Schaft oder auf Abschnitte hiervon, angewendet werden.

Setzt man voraus, daß der Schaft als Rotationskörper betrachtet werden darf, und nimmt Holzarten, welche bis zur Spitze

*) Behm, Kubik-Tabelle zur Bestimmung des Inhaltes von Rundhölzern nach Kubikmetern und Hundertteilen des Kubikmeters, 8. Aufl., Berlin 1900.

**) Zu beziehen vom Erfinder: Sägewerksbesitzer Edmund Schneider in München, Preis 9 Mk.

durchgehende Schäfte bauen, wie z. B. die Fichte, so bildet der Durchschnitt einer Ebene, welche durch die Längsachse eines solchen Schaftes geht, mit der Baumoberfläche die sogenannte Schaftkurve. Diese ist an der Spitze und an dem mittleren Teil konkav, am unteren Ende konvex gegen die Achse. Sie besteht in der Regel aus zwei, verschiedenen Bildungsgesetzen unterliegenden Ästen, deren Scheidepunkt im Kronenansatz liegt. Die Krümmung ist innerhalb der Krone am unregelmäßigsten und stärksten, wird in der Mitte schwächer und regelmäßiger und nimmt gegen unten im Bereich des Wurzelanlaufes allmählich wieder zu.

Die Form der Schaftkurve verschiedener Bäume weicht ziemlich von einander ab und ist namentlich von der Holzart, dem Alter des Baumes, vom Kronenansatz, der Stärke der Beastung sowie von der mehr oder minder geschlossenen Stellung bedingt.

Unter gleichen Verhältnissen erwachsene Bäume derselben Holzart zeigen bei gleichem Alter wenigstens nahe übereinstimmende Formen, dagegen gibt es keine typischen Formen für die einzelnen Holzarten, es kommen vielmehr dieselben Formen bei verschiedenen Holzarten vor.

Wenn das Gesetz der Schaftkurve bekannt wäre, so brauchte man nur die Höhe des Stammes zu wissen, um dessen Volumen zu erfahren, indem dieses gleich ist dem Integral:

$$v = \pi \int_0^l y^2 dx,$$

worin x in der Achse des Baumes von der Spitze an gerechnet wird und y rechtwinkelig dazu ist.

Da aber nicht nur die einzelnen Holzarten verschiedene Schaftkurven haben, sondern diese auch für Bäume gleicher Holzart und gleichen Alters variieren, so sind alle Versuche einfache und allgemein gültige Gleichungen für die erzeugende Schaftkurve zu finden, bis jetzt resultatlos geblieben.

Man macht jedoch zur Berechnung der Masse von obiger Formel in der Weise Gebrauch, daß man sich den Stamm aus Abschnitten zusammengesetzt denkt, deren Höhe so klein ist, daß sie als Zylinder (bezw. als abgekürzte Paraboloide) betrachtet werden

können. Das Ergebnis wird um so genauer, je kürzer die einzelnen Abschnitte gemacht werden d. h. je mehr sich ihre Länge dx nähert. Das Volumen ist bei diesem Verfahren:

$$v = \gamma_1 l_1 + \gamma_2 l_2 + \ldots + \gamma_n l_n$$

Sind die einzelnen Abschnitte gleich lang, so wird

$$v = (\gamma_1 + \gamma_2 + \ldots \gamma_n) l$$

Man braucht demnach nur die Summen der Mittenflächen mit der gemeinschaftlichen Länge der Abschnitte zu multiplizieren.

Nach dieser Methode wird die Inhaltsberechnung auf stereometrischem Wege bei wissenschaftlichen Arbeiten vorgenommen. Die Untersuchungen haben ergeben, daß selbst für die feinsten Arbeiten eine Länge der Abschnitte von 1 m genügt, in dem mittleren, regelmäßig geformten Teil des Schaftes können die Abschnitte auch 2—4 m lang gemacht werden, ohne daß eine nennenswerte Abweichung gegenüber der Berechnung nach kürzeren Abschnitten entsteht.

Die forstliche Praxis benutzt bei der Inhaltsberechnnng die Tatsache, daß sich die Schaftkurven wenigstens streckenweise verschiedenen Umdrehungskörpern aus der Klasse der Paraboloide nähert, deren Gleichung: $y^2 = ax^m$ ist, wenn auch die Schaftform in keinen gesetzmäßigen Beziehungen zu diesen Rotationskörpern steht. Man kann daher unter Benutzung dieses Umstandes doch die Inhalte ganzer Baumschäfte nicht nur mit genügender Genauigkeit, sondern auch auf einfache Weise erhalten.

Aus der oben angeführten Gleichung $y^2 = ax^m$ ergeben sich, wenn man für m nacheinander die Werte 0, 1, 2 und 3 einführt, die Formen des Zylinders, apollonischen Paraboloides, gemeinen Kegels und des Neiloids mit dem Inhalt:

$$v_c = gl,\ v_p = \tfrac{1}{2}gl,\ v_k = \tfrac{1}{3}gl \text{ und } v_n = \tfrac{1}{4}gl.$$

Noch größer wird die Übereinstimmung zwischen der Form des Schaftes und jener der genannten stereometrischen Körper, wenn man ersteren nicht als Ganzes, einschließlich der Spitze, sondern entwipfelt betrachtet.

Die entsprechenden Formeln für die Stumpfe der hierher gehörigen Kegelformen sind, wenn die oberen und unteren Querflächen

mit $g_0$ bez. $g_1$, die Querflächen in der halben Höhe mit $\gamma$ bezeichnet werden, folgende:

a) apollonisches Paraboloid: $v_p = \frac{1}{2}(g_0 + g_1)\, l = \gamma l$

b) gemeiner Kegel: $v_k = \frac{1}{3}(g_0 + g_1 + \sqrt{g_0 \cdot g_1})\, l$

c) Neilod: $v_n = \frac{1}{4}\, g_0 + \sqrt[3]{[g_0\, g_1} + (\sqrt[3]{g_0} + \sqrt[3]{g_1}) + g_1]\, l$

Zur Berechnung ist es daher erforderlich zu wissen, welcher Kegelform der betr. Schaft entspricht.

Die Untersuchungen haben nun ergeben, daß der Inhalt der Baumschäfte im allgemeinen zwischen jenem des gemeinen Kegels und des Paraboloids von gleicher Grundfläche und Höhe schwankt, sich aber mehr dem letzteren nähert, ohne jedoch deshalb in der Form mit diesen Körpern übereinzustimmen.

Für die wirtschaftlichen Zwecke berechnet man daher die Masse des gefällten Schaftholzes ausnahmslos als abgekürzte Paraboloide nach der Formel: Mittelfläche mal Länge.

Eine Zerlegung in Abschnitte kommt bei den gewöhnlichen Massenermittelungen nur ausnahmsweise vor, bloß sehr wertvolle und lange Stämme werden bisweilen in zwei Stücken gesondert berechnet; Regel ist die Kubierung im Ganzen.

Um den Bauminhalt nach der Formel $\gamma l$ ohne Benutzung von Kubiktafeln berechnen zu können, gibt Stötzer folgende Anleitung: Ist d in Zentimetern gegeben, so quadriere man diese Zahl, multipliziere mit l, dann das Produkt mit 8 und schneide 5 Dezimalen von rechts nach links ab. Das Resultat minus 2% gibt den Kubikinhalt in Festmetern.

Ein Stamm von 30 cm Durchmesser und 20 m Länge gibt:

$$30 \cdot 30 \cdot 20 \cdot 8 = 1{,}44000$$
$$-\quad 2\% \sim 0{,}03$$
$$v = 1{,}41 \text{ fm}$$

Diese Methode der Massenberechnung liegender Stämme ist bereits seit der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts bekannt und wurde zuerst von Duhamel du Monceau 1764 und vom Mathematiker Kästner 1768 angegeben. 1787 erschienen in Gießen Kubiktabellen, welche nach gleichem Verfahren berechnet sind. Die preußische Revierförster-Instruktion von 1817 schreibt dieselbe Formel vor, und der bayrische Salinenforstinspektor Huber hat sie um 1825 in der Literatur warm empfohlen, weshalb sie öfters: Huber'sche Formel genannt wird, jedoch mit Unrecht, da Huber sie weder erfunden, noch auch zuerst für forstliche Zwecke angewandt hat.

Die Untersuchungen über den Genauigkeitsgrad bei Berechnung des Inhaltes nach der Formel γl haben ergeben, daß sie im allgemeinen etwas zu geringe Resultate liefere. Nach Eberhard*) beträgt der Unterschied für Langholz im Durchschnitt der verschiedenen Sortimente bei der Berechnung des Inhaltes nach der Formel γl unter Außerachtlassung der überschießenden Bruchteile von Zentimeter gegenüber der sektionsweisen Kubierung bei: Fichte — 6,82%, Weißtanne — 5,35%, Kiefer — 10,80%. Während bei Fichte und Tanne die Stärke des Holzes von keiner nennenswerten Bedeutung auf die Größe des Fehlerprozentes ist, nimmt dieses bei der Kiefer von den schwächeren nach den stärkeren Klassen hin ab.

Wie Schiffel**) gezeigt hat, sind die Ergebnisse der Kubierung nach der Mittenstärke im hohen Grad von der Form der Schäfte abhängig. Am ungünstigsten stellt sich das Verhältnis bei abholzigen Schäften, indem hier häufig gekürzte Teile desselben Schaftes größere Inhalte geben, als die ungekürzten. (In einem Fall hat der untere, 14 m lange Teil eines Schaftes einen größeren Inhalt gezeigt, als der ganze 26,3 m lange Schaft!)

Außer der Formel γl sind in der Litteratur noch zahlreiche andere Vorschläge für Berechnung der Masse liegender Stämme gemacht worden, welche aber sämtlich, obwohl die Mehrzahl sehr gute Resultate liefert, weder für wissenschaftliche Untersuchungen noch für die Zwecke der Praxis größere und bleibende Anwendung gefunden haben, da sie alle entweder mehr Elemente zur Berechnung brauchen oder doch schwerfälliger sind als die übliche Methode, ohne einen entsprechend größeren Grad von Genauigkeit zu erreichen. Unzweckmäßig sind alle jene Formeln, welche die Grundfläche des Stammes enthalten, weil diese, welche durch ihre relative Größe einen bedeutenden Einfluß auf das Resultat übt, wegen ihrer unregelmäßigen Form am unsichersten zu bestimmen ist.

Die wichtigeren Formeln sind folgende:

1. Smalian: $v = \frac{g_0 + g_1}{2}\, l$, d. h. ebenfalls Berechnung

*) Eberhard, Die Inhaltsberechnung des Langnutzholzes in der Praxis, Berlin 1894.

**) Schiffel, Die Kubierung von Nutzholz aus zwei Durchmessern und der Länge. Wien 1902.

als abgekürztes Paraboloid, jedoch aus der oberen und unteren Querfläche.

2. Hoßfeld: $v = \frac{3}{4} g_{\frac{1}{3}l}\, l$, d. h. man multipliziert die in $1/3$ der Schaftlänge befindliche Querfläche g mit $3/4$ der ganzen Schaftlänge l.

3. Französische Methode (Cubage au cinquième).

$$v = \left(\frac{u}{5}\right)^2 2\, l$$

worin u den Umfang in der Stammitte bedeutet. Die Resultate stimmen mit jenen nach der Formel: $\gamma\, l$ sehr gut überein.

4. Simony: $v = \frac{1}{3}\left(g_{\frac{1}{7}} + g_{\frac{1}{2}} + g_{\frac{6}{7}}\right)$ für die Berechnung aus drei Durchmessern und:

$\frac{1}{2}(g' + g'')$ für die Berechnung aus zwei Durchmessern, wobei g′ und g″ in einem Abstand von 0,211326 l (annähernd $1/5$ l) von beiden Endflächen des Körpers oder Körperteiles liegen.

5. Newton*): $v = \frac{1}{6}\left(g_0 + g_1 + 4\, g_{\frac{1}{2}}\right)$.

6. Schiffel**) hat durch versuchsweises Anpassen von Formelkombinationen auf rein empirischem Weg einen Ausdruck ermittelt, welcher unter Benutzung zweier Durchmesser allen vorkommenden Schaftformen möglichst gerecht wird.

Dieser lautet:

$$v = l\left(0{,}61\, g_{\frac{1}{4}} + 0{,}62\, g_{\frac{3}{4}} - 0{,}23\, g_{\frac{1}{4}} \frac{d_{\frac{3}{4}}}{d_{\frac{1}{4}}}\right),$$ worin

*) Diese Newton'sche Formel ist vom Oberstudienrat Dr. Riecke in Hohenheim in seiner Schrift „Über die Berechnung des körperlichen Inhaltes unbeschlagener Baumstämme" in die Holzmeßkunde eingeführt worden und wird hier deshalb öfters auch als Riecke'sche Formel bezeichnet.

**) Vergl. Note 2 von p. 32.

$d_{\frac{1}{4}}$ und $d_{\frac{3}{4}}$ die Durchmesser in $^1/_4$ l (Untermitte) und $^3/_4$ l (Obermitte) vom Starkende an gerechnet und $g_{\frac{1}{4}}$ bezw. $g_{\frac{3}{4}}$ die entsprechenden Kreisflächen bedeuten.

Mit Hilfe dieser Formel ist eine Tabelle berechnet worden, welche gestattet für Schäfte von 10 bis 30 m Länge bei Kenntnis der Durchmesser in Untermitte und Obermitte die Massen ohne weiteres zu entnehmen.

Der Genauigkeitsgrad ist nach den angestellten Untersuchungen hier größer als bei irgend einer anderen Formel, welche nicht mehr als zwei Durchmesser anwendet.

7. Simpson: $v = \frac{1}{3}[g_0 + g_1 + 4(g_1 + g_3 + \dots g_{n-1}) + 2(g_2 + g_4 + \dots g_{n-2})]$.

## § 14. Kubierung der Stammabschnitte nach Länge und Oberstärke.

In jenen großen Nadelholzgebieten, in welchen der überwiegende Teil des Nutzholzanfalles in Form von Blöchern aufgearbeitet wird, werden häufig diese Stücke nicht einzeln gemessen und verwertet, sondern zu Gruppen von gleicher Länge und Oberstärke vereinigt. Diese Elemente, welche für die Preisbestimmung hauptsächlich in Betracht kommen, bilden alsdann gleichzeitig auch die Grundlage für die Kubierung und Verbuchung. Bei diesem Verfahren wird nicht das wirkliche Volumen der einzelnen Stücke auf rechnerischem Wege ermittelt, sondern ihr Inhalt aus Tafeln entnommen, welche Durchschnittswerte aus genauer sektionsweiser Kubierung zahlreicher Blöcher von der entsprechenden Länge und Oberstärke enthalten. Die hierbei sich ergebenden Unregelmäßigkeiten werden bei Aufstellung der Tafeln auf graphischem Wege ausgeglichen.

Der wirkliche Inhalt eines einzelnen Bloches kann durch derartige Tafeln nur ausnahmsweise genau bestimmt werden.

Kunze hat auf Grund umfangreicher Erhebungen solche Tafeln berechnet, welche in Preßlers „Forstlichem Hilfsbuch" enthalten sind. Für Österreich hat Salvadori entsprechende im Zentralbl. f. d. ges. Forstw. 1877, p. 444 aufgestellt.

Als Beispiel einer Massentafel für Nadelholzklötze nach Oberstärke möge folgender Auszug dienen:

| Oberer Durchmesser in Zentimetern | Länge in Metern | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 |
| | fm | | | | |
| 20 | 0,11 | 0,14 | 0,16 | 0,19 | 0,21 |
| 21 | 0,12 | 0,15 | 0,17 | 0,20 | 0,23 |
| 22 | 0,13 | 0,16 | 0,19 | 0,22 | 0,25 |
| 23 | 0,15 | 0,17 | 0,20 | 0,24 | 0,27 |
| 24 | 0,16 | 0,19 | 0,22 | 0,25 | 0,29 |
| 25 | 0,17 | 0,20 | 0,24 | 0,27 | 0,31 |

## § 15. Kubierung der Stangen.

Nach den Vereinbarungen über die Aufstellung einheitlicher Holzsortimente versteht man unter Stangen: entwipfelte oder unentwipfelte Langnutzhölzer, welche bei 1 m oberhalb des unteren Endes gemessen bis 14 cm einschl. stark sind.

Bei der Massenermittelung für die Zwecke der forstwirtschaftlichen Buchführung werden nicht die einzelnen Stangen nach Mittenstärke und Länge kubiert, sondern es sind in den meisten Forstverwaltungen für jedes Stangenholzsortiment Durchschnittswerte vorgeschrieben, welche nach einer größeren Anzahl von Messungen ermittelt wurden. Die einschlägigen Bestimmungen für einen großen Teil der preußischen Staatsforsten sind z. B. folgende:

| Sortiment | Durchmesser | Länge | feste Holzmasse pro Stück |
|---|---|---|---|
| Stangen | cm | m | fm |
| Stangen I. Klasse | 12,1—14 | 10—13 | 0,09 |
| „ II. „ | 10,1—12 | 8—13 | 0,06 |
| „ III. „ | 7—10 | 6—11 | 0,03 |
| „ IV. „ | 5—7 | 10 | 0,015 |
| „ V. „ | 3—5 | 6 | 0,005 |
| „ VI. „ | 3 und weniger | 5 | 0,002 |

Man hat auch Massentafeln in der gleichen Weise, wie in § 14 für Stammabschnitte angegeben, für Stangenhölzer abgeleitet, welche für jede Holzart nach den Durchmessern bei 1 m vom

Stockende und der mittleren Länge den Inhalt für je 100 Stangen oder, bei den stärkeren Sortimenten, für jedes Stück angeben. (Schuberg*). Bisweilen haben diese auch die durch nachstehendes Beispiel ersichtlich gemachte Anordnung:

Schuberg hat verschiedene derartiger Tabellen aufgestellt; als Muster einer solchen möge hier jene für Fichtenhopfenstangen II. Klasse folgen:

Durchmesser 7 cm (1 m vom unteren Ende).

| Länge | Stückzahl | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| m | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| | fm | | | | | |
| 8 | 0,166 | 0,322 | 0,498 | 0,664 | 0,830 | 0,996 |
| 9 | 0,188 | 0,376 | 0,564 | 0,752 | 0,940 | 1,128 |
| 10 | 0,211 | 0,422 | 0,633 | 0,844 | 1,055 | 1,266 |

Wenn solche Massentafeln oder sonstige Angaben fehlen, werden an einigen Stücken aus den verschiedenen Verkaufslosen Länge und Mittenstärke gemessen, hiernach berechnet man ihren Inhalt und benutzt das Mittel hieraus zur Kubierung der übrigen Stangen.

### 2. Physikalisches Verfahren.

Der Inhalt unregelmäßig geformter Holzstücke, also namentlich der Äste und des Wurzelholzes, kann in der bisher besprochenen Weise nicht ermittelt werden, hierzu muß man die physikalischen Methoden unter Benutzung der oben (§ 10) geschilderten Apparate, des Xylometers und der Wage, anwenden.

## § 16. Ermittelung des Derbgehaltes nach dem Rauminhalte des verdrängten Wassers.

Der Xylometer, dessen Konstruktion bereits oben auf p. 22 besprochen worden ist, wird nach der Horizontalstellung etwa zur Hälfte mit Wasser gefüllt, und der Stand des letzteren mit Hilfe der Wasserstandsröhre an der Skala abgelesen, hierauf taucht man das zu untersuchende Holz im Apparat unter. Falls dieses nicht

*) Hilfstafeln zur Inhaltsbestimmung von Bäumen und Beständen der Hauptholzarten, herausgegeben nach den Arbeiten des Vereins Deutscher forstlicher Versuchsanstalten. Berlin 1898, p. 58.

von selbst ganz untersinkt, so bedient man sich zum Herabdrücken eines dünnen Stabes oder einer durchlöcherten Blechscheibe mit Knopf. Hierauf wird die zweite Ablesung des Wasserstandes gemacht. Die Differenz beider Ablesungen gibt das Volumen des Holzes.

Sowohl um das Geschäft möglichst zu fördern, als um die Häufung von Ablesungsfehlern zu vermeiden, sucht man die Leistungsfähigkeit des Xylometers möglichst vollständig auszunutzen und taucht deshalb gleichzeitig stets so viel Holzstücke unter, als entweder überhaupt in den Xylometer gebracht werden können (bei Reisholz) oder als nach der Einrichtung der Skala möglich ist (bei stärkeren Holzstücken).

Bei den jetzt nur noch selten gebräuchlichen Konstruktionen des Xylometers nach dem Heyer'schen Prinzip wird dieser zuerst vollständig gefüllt und dann Vorsorge getroffen, daß das von den Holzstücken verdrängte Wasser aufgefangen und dessen Volumen mittels geeigneter Gefäße von bekanntem Inhalt gemessen wird.

Der Inhalt der Zweige wird bei Laubholz und der Lärche im blattlosen Zustande, jener der übrigen Hölzer, einschließlich der Nadeln, bestimmt. Wenn Laubholzreisig im Sommer untersucht werden muß, so wird eine Reduktion nach den Ergebnissen einer probeweisen Entlaubung vorgenommen.

Bei der Inhaltsbestimmung mit Hilfe des Xylometers unmittelbar nach dem Fällen ist eine Beeinträchtigung der Genauigkeit der Messung infolge des Aufsaugens von Wasser nicht zu befürchten, aber auch dann, wenn diese Untersuchung an lufttrockenem Holze vorgenommen wird, ist deren Zeitdauer so kurz, daß die Volumenveränderung infolge der Wasserabsorption für die vorliegenden Zwecke nicht in Betracht gezogen zu werden braucht. Dagegen muß bei Ermittelung des absoluten spezifischen Trockengewichtes das Einsaugen von Wasser durch Bestreichen der Holzstücke mit Leinöl oder Paraffin verhütet werden.

### § 17. Ermittelung des Derbgehaltes aus dem absoluten und spezifischen Grüngewichte des Holzes.

Ausgedehnte xylometrische Inhaltsbestimmungen sind ebenso umständlich und zeitraubend als kostspielig, sowie wegen der Schwierigkeit der Wasserbeschaffung bisweilen überhaupt nicht durchführbar.

**Man kürzt daher das Verfahren, wenn es sich um die Festgehaltsbestimmung größerer Mengen des gleichen Sortiments, namentlich um jene von Reisig handelt, in folgender Weise ab: Von der ganzen Menge des zu untersuchenden Holzes wird zuerst (Trennung nach den üblichen Sortimenten vorausgesetzt) das absolute Gewicht G und sodann an einem kleinen Bruchteil hiervon sowohl das absolute Gewicht g als auch der Inhalt v, letzterer durch xylometrische Behandlung erhoben.**

Da sich für gleichartige Körper die Volumina verhalten wie die zugehörigen absoluten Gewichte, so findet man das Volumen V der betreffenden Gruppe nach der Proportion

$$v : V = g : G$$

$$V = \frac{v \cdot G}{g}$$

Es sei z. B. der Festgehalt von 80 Wellen Fichtenreisig zu bestimmen. Das Gesamtgewicht G derselben ist 1360 kg, von 10 Wellen wurde das Gewicht g = 170 kg und das Volumen v = 165 cdm ermittelt. Der Festgehalt sämtlicher Wellen ist demnach: $V = \frac{165 \cdot 1360}{170} = 1320$ cdm.

Mittels der in oben angegebener Weise ermittelten Daten v und g kann man aber auch das spezifische Grüngewicht s ermitteln, indem $s = \frac{g}{v}$ unter der Voraussetzung, daß 1 cdm Wasser genau 1 kg wiegt, was vollständig nur bei 4° C zutrifft. Bei den gewöhnlichen Temparaturen ist der Unterschied jedoch so gering (bei 10° wiegen 1,00027 cdm, bei 15° wiegen 1,00085 cdm Wasser 1 kg), daß er für die hier in Betracht kommenden Zwecke und möglichen Genauigkeitsgrade unbeachtet bleiben darf.

Aus dem spezifischen Grüngewichte s und dem absoluten Gewicht G berechnet sich:

$$V = \frac{G}{s}$$

In dem oben angegebenen Beispiele ist z. B. $s = \frac{170}{165} = 1,03$ und V findet man alsdann auf diesem Wege $= \frac{1360}{1,03} = 1320$ wie oben.

Die Berechnung des spezifischen Grüngewichtes hat deshalb besonderes Interesse, weil öfters xylometrische Untersuchungen über-

haupt nicht vorgenommen werden, sondern der Inhalt aus dem im Einzelfall zu erhebenden absolutem Gewichte und dem aus anderen Untersuchungen bereits bekannten spezifischem Gewichte berechnet wird.

Da das spezifische Grüngewicht nach Holzart, Alter, Sortiment, Fällungszeit und Gesundheitszustand sehr wechselt, so gibt das oben erwähnte Verfahren nur dann gute Resultate, wenn Mittelwerte aus zahlreichen Untersuchungen, welche für die gleichen Verhältnisse angestellt worden sind, vorliegen.

Vom Verein deutscher forstlicher Versuchsanstalten sind 1876 bis 1878 ausgedehnte Erhebungen über das spezifische Grüngewicht vorgenommen worden, welche Professor Dr. von Baur in dem Werke „Untersuchungen über den Festgehalt und das Gewicht des Schichtholzes in der Rinde“, Augsburg 1879, veröffentlicht hat.

### § 18. Berechnung der Holzmassen nach Schichtmaß.

Jene Baumteile, welche beim Fällungsbetrieb nicht als „Langnutzholz“ (Stämme, Blöcher oder Stangen) liegen bleiben, werden für den Verkauf und sonstige Zwecke der Wirtschaft in bestimmte Raummaße gelegt und nach diesen gemessen; eine Ausnahme macht nur das schwächere Reisholz, welches in manchen Gegenden nicht in dieser Weise aufgearbeitet, sondern in „Wellen“ von bestimmter Länge und Stärke gebunden wird.

Die Sortierung erfolgt jetzt fast allgemein nach den vom Verein deutscher forstlicher Versuchsanstalten im Jahre 1875 vereinbarten „Bestimmungen über Einführung gleicher Holzsortimente und einer gemeinschaftlichen Rechnungseinheit für Holz im deutschen Reich.“

Der Rauminhalt dieser Schichtmaße ergibt sich in bekannter Weise als Produkt von Länge und Höhe des Stoßes mit Länge der Holzstücke. Auf geneigtem Terrain wird die Abmessung der Länge des Stoßes nicht auf dem Boden, sondern rechtwinkelig zu den vertikal einzuschlagenden Stützen vorgenommen, da im ersten Fall, statt der richtigen Länge l, eine solche von l cos $a$ erhalten wird, wobei $a$ den Neigungswinkel des Terrains bezeichnet. Bei

einem Neigungswinkel von 25°, würde der Fehler 9,4 % der richtigen Länge bezw. des richtigen Rauminhaltes betragen.

Für die Zwecke der forstwirtschaftlichen Buchführung muß nun ermittelt werden, wieviel solide Holzmasse in den Raummaßen enthalten ist. Diese Umrechnung geschieht nach Reduktionsfaktoren, welche durch genaue Untersuchung einer großen Anzahl von Raummaßen für die einzelnen Sortimente abgeleitet werden. Die Ermittelung dieser Reduktionsverfahren erfolgt entweder auf stereometrischem oder auf physikalischem Wege.

Ersteres Verfahren, welches nur bei glatten und geraden Holzstücken zulässig ist, wird in folgender Weise ausgeführt: Nachdem die Rundlinge in der vorgeschriebenen Länge vom Stamm abgeschnitten worden sind, werden ihre Mittenstärken gemessen, um aus dem Produkt von Mittenstärke und Länge ihren Inhalt zu berechnen. Haben die Rundlinge die für Scheitholz erforderliche Stärke, so werden sie zunächst aufgespalten; hierauf füllt man mit derartig behandelten Holzstücken eine größere Anzahl von Raummaßen und erhält so in einfacher Weise den durchschnittlichen Festgehalt eines Raummeters von dem betreffenden Sortiment.

Bei krummem und knorrigem Holz, ferner bei Stock- und Reisholz wird der Festgehalt der Raummaße entweder ausschließlich auf xylometrischem Wege oder durch das kombinierte xylometrische und Gewichtsverfahren bestimmt.

Reduktionsfaktoren zur Berechnung des Festgehaltes sind sowohl vom Verein deutscher forstlicher Versuchsanstalten als auch von der österreichischen Versuchsanstalt ermittelt und veröffentlicht worden*).

Der durchschnittliche Derbgehalt beträgt nach den Zusammenstellungen von Baur für Laub- und Nadelholz zusammen:

| | | | |
|---|---|---|---|
| pro Raummeter Brennholzscheit | glatt und gerade | stark | 75 % |
| | | schwach | 72 " |
| | knorrig und krumm | stark | 69 " |
| | | schwach | 66 " |

*) Baur, Untersuchungen über den Festgehalt des Holzes und das Gewicht des Schichtholzes und der Rinde, Augsburg 1879 und Seckendorff, Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs, Wien 1877.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| pro Raummeter Brennholzknüppel | glatt und gerade | stark | 72 % |
| | | schwach | 66 „ |
| | knorrig und krumm | stark | 64 „ |
| | | schwach | 60 „ |
| „ „ Astreisig | | | 16 „ |
| „ „ Stockholz | | stark mit wenig Wurzelholz | 47 „ |
| | | schwach mit wenig Wurzelholz | 46 „ |

100 Normalwellen von Astreisig enthalten 1,88 Festmeter.

Die in den Forstverwaltungen gebräuchlichen Reduktionsfaktoren sind viel weniger speziell ausgeschieden und entsprechen keineswegs vollständig den Ergebnissen der mühsamen und umfangreichen Untersuchungen, sie sind z. B.:

| | in Preußen | in Hessen |
|---|---|---|
| für Kloben | 0,7 | 0,7 |
| „ Knüppel | 0,7 | 0,6 |
| „ Stockholz | 0,4 u. 0,3 | 0,5 |
| „ Reisig in Raummetern | 0,2 | 0,2 |
| „ Reisig in Wellen pro Hundert | — | 2,00 |

Auf den Festgehalt der Raummaße sind wesentlich folgende Momente von Einfluß:

1. Form und Beschaffenheit der Holzstücke. Je stärker, glatter und gerader die Holzstücke sind, desto größer ist der Derbgehalt, je krummer, knorriger und unsauberer, desto geringer. Beim Stockholz kommt außerdem noch in Betracht, ob die Stöcke länger oder kürzer abgeschnitten und mehr oder weniger feingespalten sind. Letzteres gilt auch für das Scheitholz. Werden die Scheite sämtlich noch einmal durchgespalten, so steigt der Inhalt der Raummaße beim Einschichten bis um 12 %, werden aus einem Scheit je vier gemacht, so erhöht er sich bis um 25 %. Diese Tatsache verstehen die Holzhändler sehr gut auszunutzen. In den Staatsforstverwaltungen bestehen deshalb meist Vorschriften über die kleinsten und größten zulässigen Stärken der Scheite.

In Hessen soll die Rindenseite 15—30 cm messen, in Bayern die Sehne nicht kleiner als 20 cm sein.

2. Die Länge der Holzstücke (Kloben oder Knüppel). Die Raummaße enthalten um so mehr solide Holzmasse, je kürzer die Holzstücke sind, weil alsdann die Krümmungen und Unebenheiten mehr verschwinden und das Holz sich dichter zusammenlegen läßt.

Nach den Untersuchungen von König und Klauprecht bestehen bei den verschiedenen Längen von 0,3 bis 1,8 m für Scheitholz Differenzen von ca. 10—12 % und für Astholz von 20 %.

In Hessen beträgt in vielen Gegenden die Scheitlänge 1,25 m. Die von der hessischen Versuchsanstalt bei Kiefern vorgenommenen vergleichenden Erhebungen über den Festgehalt bei verschiedenen Längen haben ergeben für:

| | bei 1,25 m Länge | bei 1 m Länge |
|---|---|---|
| starkes Scheitholz . . | 69,9 % | 73,5 % |
| schwaches " . . | 64,9 " | 69,6 " |
| starkes Knüppelholz . | 71,9 " | 72,3 " |
| schwaches " . | 64,6 " | 68,4 " |
| Reisholz pro Wellenhundert | 2,4 fm | 2,6 fm |

3. Art der Schichtung. Mehr oder weniger sorgfältige Einschichtung hat bedeutenden Einfluß auf den Festgehalt, zu hohe Stöße lassen sich schwer und deshalb weniger dicht setzen. Ungenau eingeschlagene und gebogene Stützen beeinträchtigen die Regelmäßigkeit der Abmessung sehr.

Das in verschiedenen Gegenden übliche Übermaß (Schwindmaß, Darrscheit) steigert selbstverständlich auch den Festgehalt entsprechend und muß daher bei der Umrechnung ebenfalls in Betracht gezogen werden.

## § 19. Berechnung der Rindenmasse.

Bei verschiedenen Holzarten, besonders der Eiche, Fichte und Tanne gelangt die Rinde auch für sich allein zur Abgabe und muß deshalb, abgesehen von dem Verkaufsmaß (bei der Eichenrinde häufig das Gewicht), auch nach dem Festgehalt bestimmt werden. Dieses kann ebenfalls sowohl auf stereometrischem als xylometrischem Wege geschehen.

Im ersten Falle mißt man bei den einzelnen zu entrindenden Trummen oder für jede Sektion der Stämme vor und nach dem Entrinden den Mittendurchmesser an der gleichen Stelle auf Millimeter genau und erhält in der Differenz der nach beiden Messungen ausgeführten Kubierungen den Inhalt der Rinde. Ein anderes, jedoch weniger genaueres Verfahren besteht darin, daß man zuerst eine Anzahl Raummeter berindetes Holz aufsetzen, hierauf das Holz entrinden und abermals aufschichten läßt. Aus

der Anzahl Raummeter vor und nach dem Entrinden läßt sich sowohl die Rindenmasse als auch deren Anteil an der gesamten Holzmasse nach Prozenten ableiten.

200 Raummeter im berindeten Zustand füllten nach dem Entrinden nur noch 185 Raummeter.

$$\frac{200 - 185}{200} \cdot 100 = 7{,}5\ \%.$$

Bei Anwendung des xylometrischen Verfahrens kann man in doppelter Weise vorgehen. Es kann nämlich entweder mit Hilfe des Xylometers das Volumen der Rinde direkt ermittelt werden, oder man behandelt die Trumme sowohl vor als auch nach dem Entrinden xylometrisch und erhält in der Differenz der Volumina die Masse der Rinde.

Bei Stämmchen und Ästen von geringer Stärke, wie sie namentlich im Eichenschälwald vorkommen, kann nur die physikalische Methode für die Festgehaltsbestimmung der Rinde angewendet werden.

Wenn die Rinde nach Gebunden verkauft wird, ist es zweckmäßig, den Derbgehalt aus dem absoluten und spezifischen Gewichte, welch' letzteres an einer kleineren Anzahl von Bündeln ermittelt wird, zu bestimmen.

Nach den Untersuchungen der deutschen forstlichen Versuchsanstalten (veröffentlicht von Baur in dem bereits mehrfach zitierten Werke) beträgt der Festgehalt von:

| | | |
|---|---|---|
| 1 Raummeter Fichten- oder Tannenrinde | 0,2—0,4 | fm |
| 1 " Eichenrinde | 0,4 | " |
| 100 kg Fichten- und Tannenrinde | 0,13 | " |
| " " Eichenaltrinde | 0,13—0,14 | " |
| " " Eichenjungrinde | 0,11—0,12 | " |
| 100 Eichennormalwellen, grün | 2,2 | " |
| " " waldtrocken | 1,5 | " |

Die Kenntnis des Anteiles der Rindenmasse an der gesamten Bestandesmasse ist namentlich da von Interesse, wo das Holz in entrindetem Zustande oder unter Abrechnung der Rinde verwertet wird. Da bei den Bestandsmassenermittelungen in der Regel die berindete Masse erhoben wird, so besteht alsdann, wenn bei der Verbuchung die unberindete Masse zu Grunde gelegt wird, eine Differenz, welche keineswegs unbedeutend ist.

Im allgemeinen schwankt die Rindenmasse je nach Holzart, Alter, Standort und Stellung zwischen 6 und 20 %.

Nach Guttenberg beträgt die Rindenmasse nach zahlreichen Messungen
bei Fichten bester Bonität 7—8 %
" " geringer " 10—12 %
gesamten Stamminhaltes.

Ich habe bei einer kleinen Anzahl von Stämmen gefunden für Eiche 15—20, Esche 12—14, Ulme 9—11, Birke 13—17, Erle 16—19, Linde 16—19, Aspe 9—13, Kiefer 10—16 %.

Das Rindenprozent wird übrigens sehr verschieden hoch gefunden, je nachdem man von den Ergebnissen der genauen sektionsweisen Kubierung oder von jenen aus Mittenstärke und Länge unter Außerachtlassung der überschießenden Bruchteile von Zentimetern ausgeht. In letzterem Falle berechnet sich ein erheblich geringeres Rindenprozent als in ersterem, namentlich bei jenen Holzarten und Stämmen, welche nur in den unteren Teilen eine starke, borkige Rinde besitzen.

## III. Abschnitt.

# Ermittelung des Inhaltes einzelner stehender Bäume.

### 1. Schätzung nach dem Augenmaß.

### § 20. Methoden der Okulartaxation.

Bei dieser ältesten Methode zur Ermittelung der Masse stehender Bäume wird letztere nur gutachtlich geschätzt.

Dabei kann entweder direkt der Massengehalt des Baumes angegeben werden, indem man diesen im Gedächtnis mit anderen Bäumen von bekanntem Inhalt vergleicht, oder es werden die einzelnen Faktoren geschätzt, aus welchen sich die Masse des Baumes zusammensetzt, nämlich: Höhe, Stammgrundfläche und Formzahl.

Das erstgenannte Verfahren liefert nur bei großer Übung und guter individueller Anlage annähernd richtige Resultate; am günstigsten gestaltet sich das Verhältnis bei jenen Personen, welche schon längere Zeit in der Lage waren, unter den gleichen Be-

standesverhältnissen solche Schätzungen vorzunehmen und letztere mit den Ergebnissen der Aufarbeitung zu vergleichen. Fehler von 25 % sind beim einzelnen Baume trotzdem nicht ausgeschlossen, während sich diese bei einer größeren Anzahl von Stämmen so ausgleichen können, daß das Ergebnis der Schätzung der Wirklichkeit ziemlich gut entspricht.

Das zweite Verfahren ist eine rohe Anwendung der im nächsten Abschnitt zu besprechenden Massenermittelung mit Hilfe von Formzahlen. Da es immerhin leichter ist, Höhe und Grundstärke zu schätzen als die ganze Baummasse, und da ferner die Formzahlen aus Übersichten bequem entnommen werden können oder annähernd bekannt sind, so wird sich auf diesem Wege im allgemeinen ein genaueres Resultat ergeben, als auf dem vorher besprochenen.

Denzin*) gibt folgende Vorschrift für schnelle, allerdings nur annähernd richtige Schätzung: Man erhebe den nach Dezimetern angesprochenen (oder gemessenen) Brusthöhen-Durchmesser ins Quadrat und streiche alsdann eine Stelle ab. Wenn also z. B. der Durchmesser = 5 dcm, so ist der Inhalt 2,5 fm.

Genau trifft diese Regel nur für 25 m Höhe und eine Formzahl von 0,5 oder richtiger für eine Formhöhe (hf) von 12,74 zu.

Für Stämme mit anderen Höhen oder abweichender Form soll das Resultat gutachtlich erhöht oder erniedrigt werden. Besser ist die von Denzin gegebene Anleitung, welche lautet:

| Das Resultat der Formel ist genau giltig für eine Länge | | bei Ki von 30 m | Fi 26 m | Ta 25 m | Bu u. Ei 26 m |
|---|---|---|---|---|---|
| für jeden laufenden Meter | mehr addiere | 3 % | 3 % | 3 % | 5 % |
| | weniger subtrahiere | 3 % | 4 % | 4 % | 5 % |

Früher war die Okulartaxation zur Schätzung des einzelnen stehenden Stammes ebenso wie ganzer Bestände allgemein verbreitet, in neuerer Zeit ist sie durch die besseren Methoden fast vollkommen ersetzt und wird nur für jene Zwecke noch angewendet, wo es entweder darauf ankommt, rasch einen annähernden Über-

*) Forstliche Blätter 1885, p. 122.

Im allgemeinen schwankt die Rindenmasse je nach Holzart, Alter, Standort und Stellung zwischen 6 und 20 %.

Nach Guttenberg beträgt die Rindenmasse nach zahlreichen Messungen
bei Fichten bester Bonität 7—8 %
" " geringer " 10—12 %
gesamten Stamminhaltes.

Ich habe bei einer kleinen Anzahl von Stämmen gefunden für Eiche 15—20, Esche 12—14, Ulme 9—11, Birke 13—17, Erle 16—19, Linde 16—19, Aspe 9—13, Kiefer 10—16 %.

Das Rindenprozent wird übrigens sehr verschieden hoch gefunden, je nachdem man von den Ergebnissen der genauen sektionsweisen Kubierung oder von jenen aus Mittenstärke und Länge unter Außerachtlassung der überschießenden Bruchteile von Zentimetern ausgeht. In letzterem Falle berechnet sich ein erheblich geringeres Rindenprozent als in ersterem, namentlich bei jenen Holzarten und Stämmen, welche nur in den unteren Teilen eine starke, borkige Rinde besitzen.

## III. Abschnitt.

## Ermittelung des Inhaltes einzelner stehender Bäume.

### 1. Schätzung nach dem Augenmaß.

#### § 20. Methoden der Okulartaxation.

Bei dieser ältesten Methode zur Ermittelung der Masse stehender Bäume wird letztere nur gutachtlich geschätzt.

Dabei kann entweder direkt der Massengehalt des Baumes angegeben werden, indem man diesen im Gedächtnis mit anderen Bäumen von bekanntem Inhalt vergleicht, oder es werden die einzelnen Faktoren geschätzt, aus welchen sich die Masse des Baumes zusammensetzt, nämlich: Höhe, Stammgrundfläche und Formzahl.

Das erstgenannte Verfahren liefert nur bei großer Übung und guter individueller Anlage annähernd richtige Resultate; am günstigsten gestaltet sich das Verhältnis bei jenen Personen, welche schon längere Zeit in der Lage waren, unter den gleichen Be-

standesverhältnissen solche Schätzungen vorzunehmen und letztere mit den Ergebnissen der Aufarbeitung zu vergleichen. Fehler von 25 % sind beim einzelnen Baume trotzdem nicht ausgeschlossen, während sich diese bei einer größeren Anzahl von Stämmen so ausgleichen können, daß das Ergebnis der Schätzung der Wirklichkeit ziemlich gut entspricht.

Das zweite Verfahren ist eine rohe Anwendung der im nächsten Abschnitt zu besprechenden Massenermittelung mit Hilfe von Formzahlen. Da es immerhin leichter ist, Höhe und Grundstärke zu schätzen als die ganze Baummasse, und da ferner die Formzahlen aus Übersichten bequem entnommen werden können oder annähernd bekannt sind, so wird sich auf diesem Wege im allgemeinen ein genaueres Resultat ergeben, als auf dem vorher besprochenen.

Denzin*) gibt folgende Vorschrift für schnelle, allerdings nur annähernd richtige Schätzung: Man erhebe den nach Dezimetern angesprochenen (oder gemessenen) Brusthöhen-Durchmesser ins Quadrat und streiche alsdann eine Stelle ab. Wenn also z. B. der Durchmesser = 5 dcm, so ist der Inhalt 2,5 fm.

Genau trifft diese Regel nur für 25 m Höhe und eine Formzahl von 0,5 oder richtiger für eine Formhöhe (hf) von 12,74 zu.

Für Stämme mit anderen Höhen oder abweichender Form soll das Resultat gutachtlich erhöht oder erniedrigt werden. Besser ist die von Denzin gegebene Anleitung, welche lautet:

| Das Resultat der Formel ist genau giltig für eine Länge | | bei Ki von 30 m | Fi 26 m | Ta 25 m | Bu u. Ei 26 m |
|---|---|---|---|---|---|
| für jeden laufenden Meter | mehr addiere | 3 % | 3 % | 3 % | 5 % |
| | weniger subtrahiere | 3 % | 4 % | 4 % | 5 % |

Früher war die Okulartaxation zur Schätzung des einzelnen stehenden Stammes ebenso wie ganzer Bestände allgemein verbreitet, in neuerer Zeit ist sie durch die besseren Methoden fast vollkommen ersetzt und wird nur für jene Zwecke noch angewendet, wo es entweder darauf ankommt, rasch einen annähernden Über-

*) Forstliche Blätter 1885, p. 122.

wenn man den Durchmesser des Idealzylinders bezw. die Grundstärke des Baumes am Abhiebspunkte messen wollte, so bestimmt man diese hierbei sowohl als überhaupt bei allen Messungen am stehenden Stamme in einer solchen Höhe, daß der Durchmesser bequem und richtig gemessen werden kann. Bei zwei Arten von Formzahlen liegt nun der Meßpunkt in konstanter Höhe über dem Boden, bei einer dritten dagegen stets in $^1/_n$ der Scheitelhöhe (Baumlänge, vom Abhiebspunkte an gerechnet). Die Höhe des Idealzylinders ist teils gleich der Scheitelhöhe, teils kleiner.

## § 22. Die verschiedenen Arten von Formzahlen.

Nach den verschiedenen Abmessungen, welche der Berechnung des Idealzylinders zu Grunde gelegt werden, unterscheidet man:

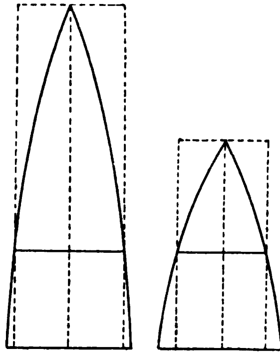


Fig. 16.

1. Brusthöhenformzahlen (unechte Formzahlen) f. Hier liegt der Meßpunkt in konstanter Höhe (Brusthöhe, jetzt allgemein bei 1,3 m über dem Boden angenommen); die Höhe des Idealzylinders ist gleich der Scheitelhöhe.

Die Brusthöhenformzahlen sind die ältesten und wurden schon von Hoßfeld, Cotta, König und Hundeshagen berechnet, ebenso sind sie schon bei den großen Untersuchungen der bairischen und badischen Forstverwaltung benutzt worden.

Infolge der Messung der Grundstärke in konstanter Höhe sind diese Formzahlen bei Bäumen gleicher Form aber ungleicher Scheitelhöhe verschieden und nehmen mit dem Wachsen der Scheitelhöhe ab.

Nimmt man die Höhe des Meßpunktes = 1,50 m und die Scheitelhöhe nacheinander = 10, 20 und 30 m, so sind die Formzahlen für ein Paraboloid entsprechend $f_{10} = 0,59$, $f_{20} = 0,54$, $f_{30} = 0,53$; für einen geradseitigen Kegel $f_{10} = 0,46$, $f_{20} = 0,39$, $f_{30} = 0,37$.

Um die Brusthöhenformzahlen bei der Massenberechnung benutzen zu können, muß man demnach außer den übrigen hierbei in Betracht kommenden Momenten vor allem die Höhe des Baumes

berücksichtigen, da bei sonst gleichen Verhältnissen jeder Höhe eine besondere Formzahl zukommt.

Dieser Mißstand hat Smalian*) dazu veranlaßt, andere, von der Baumhöhe unabhängige Formzahlen zu berechnen; dieses sind:

2. Die echten Formzahlen, Normalformzahlen f″. (Figur 17.)

Die Benennung „echte" Formzahlen rührt von Preßler her, welcher sich für deren Aufstellung und Anwendung sehr bemüht hat.

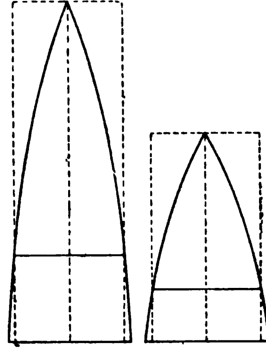


Fig. 17.

Bei ihnen wird die Grundstärke stets in einem konstanten aliquoten Teile der Höhe (allgemein in $^1/_n$ h, in der Praxis meist in $^1/_{20}$ h) abgegriffen, die Höhe des Idealzylinders ist auch hier gleich der Scheitelhöhe.

Die echten Formzahlen haben gegenüber den Brusthöhenformzahlen den Vorzug, daß alle Bäume der gleichen Form auch die gleiche Formzahl haben, diese ist jedoch größer, als wenn die Grundstärke am Abhiebspunkte gemessen würde.

Ermittelt man z. B. die Grundstärke in $^1/_{20}$ h, so ist die echte Formzahl für Paraboloide = 0,526, für geradseitige Kegel = 0,369, während sie bei der Messung am Abhiebspunkte 0,50 bezw. 0,33 ist.

Wenn man den Meßpunkt stets in $^1/_{20}$ h annimmt, so kommt dieser bei sehr niedrigen und sehr hohen Bäumen für die Messung unbequem zu liegen, weshalb Klauprecht schon 1846 in seiner „Holzmeßkunst" vorgeschlagen hat, für mittelhohe Bestände die Formzahlen in $^1/_{10}$, für höhere aber in $^1/_{20}$ der Scheitelhöhe zu berechnen.

Trotzdem ist es sehr unpraktisch, zuerst die Höhe messen zu müssen, um den Meßpunkt zu finden. Preßler hat in Anerkennung dieses Umstandes empfohlen, die Grundstärke ebenfalls in konstanter Höhe zu messen, die Formklasse nach seinem Prinzipe einzuschätzen nnd alsdann die Formzahl bezw. die Masse um einen

*) Smalian, Beiträge zur Holzmeßkunst, 1837, und: Anleitung zur Feststellung der Waldzustände, 1840.

Prozentsatz zu verbessern, welcher von Scheitelhöhe und Meßpunktshöhe abhängt.

Mehr noch als die unbequeme Bestimmung und Lage der Meßhöhe war einer allgemeinen Einführung der echten Formzahlen die Tatsache hinderlich, daß sie keineswegs so regelmäßig verlaufen und innerhalb so enger Grenzen liegen, wie Preßler annahm. Während dieser nämlich behauptete, daß die echten Schaft- und Baumformzahlen mit dem Alter zunähmen, und daß die verschiedenen Altersklassen unter sich nahe übereinstimmende Formzahlen besäßen, haben die Untersuchungen von Baur ergeben, daß, wenigstens bei der Fichte und Buche, nur die Derbholzformzahlen mit dem Alter wachsen, die Baumformzahlen dagegen entschieden abnehmen, sowie daß die echten Formzahlen selbst unter Voraussetzung gleicher Bonität und Altersklassen stark von einander abweichen.

So schwanken bei der Buche die normalen Baumformzahlen nach Baur

| für Bonität: | I | II | III |
|---|---|---|---|
| in der Altersklasse 21—40 zwischen | 0,522—0,567 | 0,513—0,647 | 0,513—0,715 |
| " " " 81—100 " | 0,542—0,615 | 0,538—0,610 | 0,527—0,626 |

3. Eine weitere Art sind die von Riniker*) empfohlenen absoluten Formzahlen f′ (Figur 18). Diese ziehen nur den oberhalb der konstanten Meßhöhe gelegenen Stammteil in Betracht. Die Höhe des Idealzylinders ist in diesem Falle gleich der Scheitelhöhe minus der Länge des Stammstückes zwischen Abhiebspunkt und Meßpunkt. Da bei den absoluten Formzahlen die Grundfläche für den betr. Stammteil und den Idealzylinder die nämliche ist, so sind sie für alle Bäume der gleichen Form gleichgroß und von der Höhe des Baumes unabhängig; sie entsprechen daher auch vollkommen den

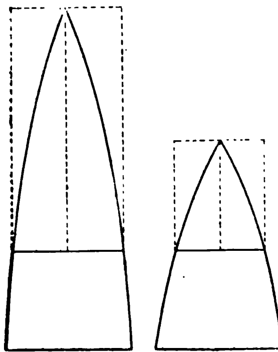


Fig. 18.

*) Riniker, Über Baumform und Bestandesmasse, 1873.

betreffenden Faktoren in den stereometrischen Körperformeln und betragen für das Paraboloid 0,5, für einen gemeinen Kegel 0,333 u. s. w.

Die eingehendsten Untersuchungen über die absoluten Formzahlen hat Kunze*) durchgeführt. Sie haben ergeben, daß die absoluten Formzahlen sehr konstant sind.

Die Schattenseite der absoluten Formzahlen besteht darin, daß man mit ihrer Hilfe nur den Inhalt des Stammteiles, welcher oberhalb des Meßpunktes gelegen ist, ermitteln kann, während jener des sehr wertvollen Stückes zwischen Abhieb und Meßpunkt auf irgend eine andere Weise gefunden werden muß. Letzteres geschieht ebenfalls nach der Methode der Formzahlen, indem man für diesen Stammteil noch eine besondere Reduktionszahl $\psi$ anwendet.

Bezeichnet man die Länge des Stammstückes zwischen Meßpunkt und Abhiebspunkt mit l, so ist die Masse des ganzen Stammes

$$v = gh'f' + gl\psi$$

Kunze gibt z. B. bei der Kiefer, Altersklasse 101—140 Jahre, für den Durchmesser von 44 cm und Länge von 26 m die absolute Schaftformzahl = 0,421 und die zugehörige Reduktionszahl für das unterhalb des Meßpunktes gelegene Stammstück zu 1,140 an.

Die Bedeutung der Formzahlen liegt aber weniger darin, ein Bild von der Gestalt der Bäume zu geben, welche doch in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle keine regelmäßige stereometrische Figur ist, sondern darin, einen guten und bequemen Anhalt für die Massenberechnung zu gewähren; dieser Anforderung genügen aber die absoluten Formzahlen weniger als die beiden vorher besprochenen Arten von Formzahlen, da sie zur Massenermittelung zwei Rechnungen erfordere.

Gegenwärtig sind die echten Formzahlen vollständig außer Gebrauch gekommen, die absoluten Formzahlen dienen nur für gewisse theoretische Untersuchungen, während sonst durchweg lediglich die Brusthöhenformzahlen trotz ihrer Mängel benutzt werden.

Wenn nicht ausdrücklich etwas anderes bemerkt ist, versteht man daher jetzt unter Formzahlen stets die letzteren.

---

*) Kunze, Die absoluten Formzahlen der gemeinen Kiefer, Dresden 1896, und Die absoluten Formzahlen der Fichte, Dresden 1899.

### § 23. Anwendung der Formzahlen zur Massenschätzung.

Die Masse des Baumes kann, wie oben bereits angeführt, als das Produkt von Grundfläche, Höhe und Formzahl berechnet werden, von denen die beiden erstgenannten Faktoren unschwer zu ermitteln sind, es bleibt also noch zu erörtern, auf welche Weise die Formzahl eines Baumes bestimmt werden kann.

In früherer Zeit wurde diese vielfach eingeschätzt, indem man die Elemente berücksichtigte, welche auf die Formzahl einwirken: Holzart, Alter, Höhe, freier oder gedrängter Stand. Die Schätzung der Formzahl wird aber dadurch sehr erschwert, daß infolge des Überwiegens der Längendimension die Stammform bei der Betrachtung nur in untergeordnetem Maß ersichtlich ist, und bei älteren Stämmen der weit hinauf reichende Wurzelanlauf sich störend geltend macht. Eine Beurteilung der Vollholzigkeit ist daher schwer, außerdem muß auch noch berücksichtigt werden, daß neben ihr die Länge einen bedeutenden Einfluß auf die Größe der Formzahl hat. Infolgedessen ist größere Übung, Vergleich mit den Messungen an gefällten Stämmen und den gleich noch weiter zu besprechenden Formzahlübersichten erforderlich, um auf diesem Wege zu einigermaßen guten Resultaten zu gelangen.

Für annäherungsweise, rohe Schätzung ist zu bemerken, daß die Baumformzahlen sich im großen und ganzen zwischen den Grenzen: 0,45 und 0,65, die Derbholzformzahlen zwischen 0,45 und 0,52 bewegen. Als Durchschnittswerte für Baumhöhen von 20—30 m sind anzunehmen für:

| | Buche | Eiche | Erle | Kiefer | Fichte | Tanne |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Derbholzformzahl: | 0,49 | 0,51 | 0,49 | 0,45 | 0,50 | 0,51 |
| Baumformzahl: | 0,57 | 0,55 | 0,53 | 0,50 | 0,57 | 0,58 |

Wegen der Unmöglichkeit die Formzahl eines konkreten Baumes durch Schätzung allein genau zu bestimmen, war man schon seit langem bestrebt, Formzahltafeln aufzustellen, in welchen die durch Untersuchungen an gefällten Bäumen gewonnenen Formzahlen verzeichnet und klassenweise geordnet sind, um so dem Taxator einen besseren Anhaltspunkt zu gewähren.

Solche Tafeln haben u. a. bereits Cotta*), König**) und Preßler***) aufgestellt und dabei sämtlich mehrere Klassen je

*) Cotta, Hilfstafeln für Forstwirte und Forsttaxatoren.

**) König, Forstmathematik, 1. Aufl. 1835, p. 363.

***) Preßler, Neue holzwirtschaftliche Tafeln, 1857, p. 79 und 167.

nach den Wachstumsverhältnissen, Form der Krone und des Schaftes, dem Alter u. s. w. ausgeschieden. Das Grundlagenmaterial, welches diesen Autoren zur Verfügung stand, war jedoch viel zu ungenügend, um zuverlässige Tafeln bearbeiten zu können. Diese Arbeit wurde deshalb von seiten der forstlichen Versuchsanstalten von neuem in Angriff genommen, und sind zunächst für mehrere Holzarten auf Grund der in einzelnen Staaten ausgeführten Untersuchungen solche Tafeln aufgestellt worden, so für die Fichte von Baur, Kunze und Lorey, für die Buche von Baur, für die Kiefer von Kunze, für die Weißtanne von Lorey und von Schuberg, für die Erle von Schwappach, für die Eiche von Wimmenauer.

Das gesamte, von den Versuchsanstalten gesammelte Material ist für die Buche*), Fichte**), Kiefer***) und Tanne†) bereits einheitlich bearbeitet.

Die neueren deutschen Formzahlübersichten sind nicht mehr wie früher nach Wuchsklassen getrennt, weil jetzt der Wachstumsgang gleichaltriger Bestände mit mittleren Schlußverhältnissen zu Grunde gelegt wird. Dagegen hat Schiffel in seinen Formzahlen und Massentafeln für die Fichte Österreichs mit Rücksicht auf die abweichenden Verhältnisse der dortigen Gebirgswaldungen vier Schlußklassen, charakterisiert durch die mittlere relative Kronenlänge (Kronenlänge in Prozenten der Scheitelhöhe), ausgeschieden.

Da, wie oben gezeigt, die Scheitelhöhe auf den Gang der Brusthöhenformzahl einen entscheidenden Einfluß ausübt, so glaubte man früher die Formzahlübersichten lediglich nach dieser aufstellen zu können. Die genauere Untersuchung des jetzt vorliegenden umfangreichen Materiales hat jedoch ergeben, daß meist auch eine

---

*) Formzahlen und Massentafeln für die Buche, bearbeitet von Horn, herausgegeben von Grundner, Berlin 1898.

**) Formzahlen und Massentafeln für die Fichte, herausgegeben von Baur, Berlin 1890.

***) Formzahlen und Massentafeln für die Kiefer, herausgegeben von Schwappach, Berlin 1890.

†) Formzahlen und Massentafeln für die Weißtanne, herausgegeben von Schuberg, Berlin 1891.

Ausscheidung von Altersklassen, wenn schon mit weiten Abstufungen (mindestens etwa 40 Jahre), nötig ist, weil auf diese Weise auch der Standsortsgüte, sowie dem Umstande, ob man es mit dominierenden oder mit unterdrückten Stämmen zu tun hat, am einfachsten Rechnung getragen wird. Außerdem ist aber neben Höhe und Alter auch noch der Einfluß des Durchmessers zu berücksichtigen, wie dieses Schuberg zuerst bezüglich der Weißtanne nachgewiesen hat. Inwieweit die Wuchsgebiete einen Einfluß auf die Größe der Formzahl ausüben, ist zur Zeit noch eine offene Frage.

Bei Anwendung der Formzahltafeln muß jedoch stets berücksichtigt werden, daß sie Durchschnittswerte aus zahlreichen Einzelmessungen darstellen, und man deshalb die Masse eines bestimmten Baumes hiermit nur zufällig richtig berechnen kann. Der Wert dieser Übersichten tritt erst bei ihrer Anwendung auf eine Mehrzahl von Stämmen, d. h. bei der Bestandesmassenermittelung hervor.

## § 24. Der Formquotient.

Die Ermittelung der Formzahl hat stets die Fällung und sektionsweise Messung der Stämme zur Voraussetzung. Außerdem bietet die Formzahl keinen befriedigenden Ausdruck für die wirkliche Schaftform und deren Veränderung. Das Bestreben ging daher schon seit langer Zeit dahin, die Schaftform durch die Schaftlänge und das Verhältnis zweier Durchmesser zu charakterisieren, welche tunlichst am stehenden Stamm zu messen wären, der eine dieser Durchmesser müßte aus naheliegenden Gründen der Durchmesser in Brusthöhe sein. Solche Formeln sind von Breymann, Preßler, Strzelecki, Rossek, Prytz, Kunze und Philipp aufgestellt worden.

Die Formel von Kunze*) lautet z. B.:

$$f_s = \frac{\delta}{d} - c$$

worin $\delta$ der Durchmesser in $\frac{h}{2}$ und c eine Konstante ist, welche

*) Kunze, Neue Methode zur raschen Berechnung der unechten Schaftformzahlen der Kiefer und Fichte. Dresden 1891.

nach der Holzart wechselt und von dem Quotienten $\frac{\delta}{d}$ abhängt. Für mittlere Baumformen schwankt die Konstante wenig und beträgt z. B. für Fichten etwa 0,21, für Kiefern etwa 0,20.

Das Verhältnis des Durchmessers in der Schaftmitte $\delta$ zum Durchmesser in Brusthöhe d wird als Formquotient bezeichnet.

Dieser Formquotient hat in neuerer Zeit immer mehr Beachtung gefunden. Kunze und Schuberg haben zuerst die Beziehungen untersucht, welche zwischen ihm und den Formzahlen bestehen, und hierbei eine überraschende, fast durchgreifende Abhängigkeit gefunden. Eine eingehende Erörterung über diese Beziehungen hat Schiffel*) veröffentlicht, dessen Form- und Massen-Tafeln für die Fichte nach Höhe und Formquotient (von ihm „Durchmesserquotient" genannt) aufgestellt sind.

Der Formquotient bietet aber auch die Möglichkeit die Veränderung der Vollholzigkeit infolge des zunehmenden Alters und wirtschaftlicher Maßnahmen (Durchforstungen, Lichtungen) am gleichen Stamm ungleich sicherer festzustellen, als dieses mit Hilfe der Formzahlen möglich ist.

Der neue Arbeitsplan des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten für Durchforstungszwecke empfiehlt aus diesem Grunde neben den Stammanalysen auch umfangreiche Ermittelungen des Formquotienten der Probestämme.

### 3. Schätzung nach Massentafeln.

#### § 25. Definition und Anwendung der Massentafeln.

Wenn die in den Formzahlübersichten enthaltenen Zahlen mit den zugehörigen Höhen und Kreisflächen multipliziert werden, so erhält man Durchschnittswerte von Baummassen, welche nach entsprechender Ausgleichung der sich zeigenden Unregelmäßigkeiten ebenfalls zu Tafeln, Massentafeln, zusammengestellt werden können.

Sie bieten gegenüber der Anwendung von Formzahlen den Vorzug wesentlicher Arbeitsersparnis, weil man aus ihnen die Baummasse ohne weitere Rechnung entnehmen kann.

---

*) Schiffel, Form und Inhalt der Fichte, Wien 1899.

Massentafeln sind demnach tabellarische Übersichten über den Holzgehalt einzelner Stämme, geordnet nach Holzart, Alter, Durchmesser und Höhe. Sie sind auf der Annahme aufgebaut, daß Bäume der nämlichen Holzart, welche in gleicher Zeit dieselbe Höhe und Stärke erreicht haben und unter mittleren Schlußverhältnissen erwachsen sind, auch gleiche Massen besitzen, und daß bei Bäumen derselben Holzart, welche in verschiedenem Alter gleiche Grundstärke und Höhe aufweisen, die vorkommenden Formverschiedenheiten und damit auch die Differenzen der Massen mit der Verschiedenheit des Alters in Zusammenhang stehen.

Wenn daher von einem Baume: Durchmesser in Brusthöhe, Scheitelhöhe und ungefähres Alter gegeben sind, so kann man dessen Masse aus diesen Tafeln entnehmen. Die hier enthaltenen Angaben treffen jedoch, weil sie Durchschnittswerte darstellen, für den Einzelfall nur selten vollständig zu. Sie leisten hingegen, ebenso wie die Formzahlübersichten, bei Ermittelung der Bestandesmassen die besten Dienste, worauf später in § 43 näher eingegangen werden wird.

Nach den verschiedenen Arten von Formzahlen gibt es: Derbholz-, Baum- und Schaftholz-Massentafeln. Letztere besitzen nur Bedeutung zur Ermittelung des Inhaltes von Nadelholz-Stangen, abgesehen hiervon arbeitet man lediglich mit Derbholz- oder Baum-Massentafeln.

Die ersten Massentafeln, welche auf reichem Untersuchungsmaterial beruhen, sind von der bayerischen Staatsforstverwaltung unter Leitung des Forstkommissars von Spitzel im Jahre 1846 herausgegeben worden.

Sie sind nach der genauen Messung von mehr als 40000 Stämmen aufgestellt und geben für die Holzarten: Fichte, Tanne, Lärche, Eiche, Buche und Birke der Stamminhalte nach zwei Altersstufen (bis 90- und über 90jährig), bei einer Meßhöhe von $4^1/_2$, = 1,3 m und zwar für die Nadelhölzer exkl. der Kiefer ohne Äste, für die Laubhölzer und Kiefer einschließlich des Astholzes bis zu ein Zoll Stärke.

Die bayerischen Massentafeln sind mehrfach in anderes Maß umgerechnet worden, speziell für das Metermaß von Behm und Ganghofer 1875, Schindler 1876 und Frankhauser 1884.

Die oben bei den Formzahlübersichten erwähnten Erhebungen*) der forstlichen Versuchsanstalten sind gleichzeitig auch zur Aufstellung

---

*) Vergl. die Noten auf p. 53.

neuer Massentafeln benutzt worden, so daß jetzt bereits für Buche, Fichte, Kiefer und Weißtanne auf Grund umfassender Erhebungen bearbeitete Massentafeln für Derbholz und Bauminhalt vorliegen*).

Obwohl die Massentafeln und Formzahlübersichten nur Durchschnittswerte enthalten, so gewähren sie immerhin doch den besten, sowie den einzigen, unter allen Umständen zu benutzenden Anhaltspunkt für die Massenschätzung einzelner stehender Stämme.

### 4. Stammkubierung nach Grundstärke und Richthöhe.

#### § 26. Beschreibung des Verfahrens.

Um das Einschätzen der Formzahlen und die Anwendung von Durchschnittswerten zu vermeiden, hat Preßler ein Verfahren zur Berechnung des Holzgehaltes stehender Stämme angegeben, bei welchem alle Faktoren direkt am betreffenden Baum erhoben werden sollen.

Bezeichnet man jenen Punkt der Längsachse, in welchem der Durchmesser die Hälfte der Grundstärke (Durchmesser in Brusthöhe) beträgt, als Richtpunkt und dessen Entfernung vom Abhiebspunkt bez. vom Meßpunkt der Grundstärke als Richthöhe **R** bez. als Richtpunktshöhe r, so ist der Inhalt des oberhalb des Meßpunktes gelegenen Schaftteiles, des Oberbaumes, gleich dem Produkt aus Grundfläche mal $\frac{2}{3}$ Richtpunktshöhe:

$$v = g \cdot \tfrac{2}{3}r.$$

Diese Preßlersche Richthöhe darf nicht mit der Königschen Richthöhe verwechselt werden. Letztere stellt die Höhe eines Zylinders vor, welcher mit dem betreffenden Baum gleiche Masse hat:

$$x \,.\, g = ghf, \text{ also: } x = hf.$$

Um Verwechselungen zu vermeiden, wird jetzt die Richthöhe Königs als Formhöhe bezeichnet.

Tafeln für die Formhöhen hat zuerst König aufgestellt, in neuerer Zeit wurden solche bearbeitet von: Walther, Weise, Philipp und Flury.

---

*) Ein sehr handlicher und für den praktischen Gebrauch äußerst empfehlenswerter Auszug aus den erwähnten Einzelarbeiten ist erschienen unter dem Titel: Hilfstafeln zur Inhaltsbestimmung von Bäumen und Beständen, herausgegeben nach den Arbeiten des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten, Berlin 1898, Verlag von Parey.

Diese Inhaltsformel gilt für parabolisch und kegelförmig gebildete Schäfte ganz genau, für sehr abholzige (neiloidische) mit einem Fehler von nur 1,3 %.

Um das Stammstück zwischen Meßpunkt und Abhiebspunkt ebenfalls zu berechnen, nimmt Preßler an, daß dieses, ohne Berücksichtigung des sogenannten Schenkelholzes, gleich einem Zylinder von der gleichen Länge l und der Grundfläche g ist. Der Schaftgehalt beträgt demnach:

$$v = g \cdot \tfrac{2}{3}r + gl$$

$$v = \tfrac{2}{3}g\left(r + \tfrac{3}{2}l\right).$$

Da $r + l = R$ (Richthöhe), so ist

$$v = \tfrac{2}{3}g\left(R + \tfrac{l}{2}\right).$$

Der Inhalt des Schaftes bis zum Stockabschnitt (exkl. des Schenkelholzes) wird also gefunden, wenn man die Stammgrundfläche g mit $\frac{2}{3}$ der um die halbe Meßpunktshöhe vermehrten Richthöhe multipliziert.

Soll das Schenkelholz ebenfalls noch mit in Betracht gezogen werden, so wird zu dem Ausdruck $\left(R + \frac{l}{2}\right)$ noch das Drittel der Meßpunktshöhe so oftmal addiert, als das Zehntel der Grundstärke d in der mittleren Schenkelstärke $\frac{D-d}{2}$ enthalten ist. Wäre dieses n mal der Fall, so ist die ganze Schaftholzmasse:

$$v_1 = \tfrac{2}{3}g\left(R + \tfrac{l}{2} + \tfrac{n \cdot l}{3}\right).$$

Man wendet jedoch diese erweiterte Formel nur selten an, sondern benutzt in der Regel den Ausdruck $\frac{2}{3}g\left(R + \frac{l}{2}\right)$ zur Berechnung.

Für die Ermittelung der Astmasse hat Preßler folgendes Gesetz aufgestellt: Das Astmasseprozent nimmt im Sinne einer Reihe zweiter Ordnung ab, wenn der beastete Stammteil (die Kronenlänge) nach einer einfachen Reihe erster Ordnung kürzer wird.

Kunze hat für Fichte und Kiefer folgende Astmassenprozente ermittelt:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Höhe des Kronenansatzes: | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 h |
| Astmassenprozent der Fichte: | 30 | 25 | 18 | 14 | 9 |
| " " Kiefer: | — | 21,5 | 17,0 | 13,7 | 10,3 |

Die Schattenseiten des Preßlerschen Verfahrens liegen in der Schwierigkeit der richtigen Bestimmung des Richtpunktes, wozu das

oben (p. 21) erwähnte Richtrohr benutzt werden soll. Viele Bäume (Eiche, Buche ꝛc.) sind in der Richtpunktshöhe bereits verzweigt, bei schlechter Beleuchtung im geschlossenen Bestand ist es kaum möglich mit dem Richtrohr zu arbeiten, und sehr schlanke, langschaftige Bäume ändern in der Gegend des Richtpunktes ihren Durchmesser so wenig, daß die Lage des ersteren mit dem wenig genau arbeitenden Instrument nur annähernd richtig bestimmt werden kann. Um dieses zu erleichtern, hat Preßler empfohlen, am Schaft die Punkte zu bestimmen, an denen der Durchmesser merkbar größer bezw. kleiner als $\frac{d}{2}$ ist, der Richtpunkt soll in der Mitte der so gefundenen „Richtpunktszone“ liegen.

Die Prüfung der Preßlerschen Methode hat ziemlich günstige Resultate ergeben, die Abweichungen schwanken beim Nadelholz zwischen — 16,8 bis + 8,6 %, bei Laubholz zwischen — 14,5 und + 7,2%, bei einer größeren Anzahl von Stämmen gleichen sich die Resultate so ziemlich aus.

In jenen Fällen, in welchen der Richtpunkt genau bestimmt werden kann, ist dieses Verfahren sehr empfehlenswert, um die Masse eines einzelnen stehenden Baumes zu ermitteln. Weil aber diese Voraussetzung selten zutrifft, so hat es keinen Eingang in die Praxis gefunden.

### 5. Sektionsweise Kubierung stehender Stämme.

#### § 27. Würdigung der Methoden.

Die sektionsweise Kubierung, welche für den liegenden Stamm jeden gewünschten Grad von Genauigkeit zu erreichen gestattet, konnte bisher für die Massenermittelung stehender Stämme noch wenig benutzt werden, weil die gebräuchlichen Instrumente zur Messung des Durchmessers auf indirektem Wege nicht genügend scharfe Resultate geben und solche bei den hier obwaltenden Verhältnissen (große Entfernung, mangelhafte Beleuchtung u. s. w.) sich auch nur schwer erreichen lassen werden.

Unrichtige Bestimmungen des Durchmessers haben aber, wie oben bewiesen worden ist, so großen Einfluß auf die Genauigkeit des Resultates, daß dieses trotz der Schärfe der Methode nicht

günstiger sein würde als jenes, welches bei Benutzung der übrigen bisher besprochenen Verfahren erreicht werden kann.

Immerhin tritt aber das Bedürfnis nach einer Methode zur genauen Messung stehender Stämme für die Zwecke wissenschaftlicher Untersuchungen immer brennender hervor, weshalb in neuerer Zeit verschiedene Verfahren zu diesem Behufe empfohlen und angewendet werden.

Als solche sind zu nennen:

a) direkte Messung unter Anwendung leichter, besonders konstruierter Leitern (Schweizerische Versuchsanstalt). Nur etwa bis zu 20 m Höhe von sehr geübten Arbeitern durchführbar.

b) indirekte Messung der Durchmesser unter Anwendung sehr feiner Instrumente. Von den in Betracht kommenden Apparaten besitzt nur der Baumstärkenmesser von Friedrich den genügenden Grad von Genauigkeit.

c) Messung auf Grund photographischer Aufnahmen nach dem Verfahren von J. Weber*).

Weber photographiert die Stämme mit Hilfe eines sehr guten, besonders konstruierten Apparates, berechnet den unteren Stammteil bis zu 14 m Höhe sektionsweise, den darüber befindlichen Teil des Schaftes aber als Kegel, und zwar für Buche und Eiche nach der Formel: $\frac{gh}{3}$ für Fichte und Kiefer nach jener: $\frac{gh}{2,5}$.

## IV. Abschnitt.

# Ermittelung des Massengehaltes von Beständen.

## I. Massenermittelung durch Schätzung.

### § 28. Summarische Schätzung der ganzen Bestandesmasse.

Die älteste und roheste Methode der Bestandesmassenermittelung, wie sie noch um die Mitte des 18. Jahrhunderts allgemein üblich war, bestand darin, daß man den betreffenden Bestand durchging und rein gutachtlich den Holzvorrat auf der ganzen Fläche ansprach.

*) Weber, Holzmassenermittelung am stehenden Stamm auf Grund photographischer Aufnahmen. Gießen 1902.

Wegen der vielen dabei gleichzeitig zu berücksichtigenden Faktoren (Bestandesdichte, durchschnittliche Masse der einzelnen Stämme, Flächengröße), ist sie sehr unsicher und wird gegenwärtig von einem technisch gebildeten Forstmann in dieser Form überhaupt nicht mehr angewendet, sondern höchstens noch von Holzhauern und Holzhändlern. Der Forstmann bezieht eine derartige Massenschätzung stets auf die Flächeneinheit, auf das Hektar, indem er aus den bekannten Erfahrungssätzen über den Vorrat nach Holzart, Alter und Standortgüte unter Berücksichtigung der größeren oder geringeren Vollkommenheit des Bestandes auf dessen Masse schließt.

Bei großer Übung läßt sich auf diese Weise ein ziemlich gutes Resultat erreichen, obwohl selbst Fehler von ± 30 % keineswegs ausgeschlossen sind.

## § 29. Stammweise Schätzung.

Bei dieser zuerst von Zanthier um das Jahr 1760 angewandten Verbesserung des ältesten Verfahrens der Massenermittelung durchgehen mehrere Taxatoren gleichzeitig den betreffenden Bestand in parallelen nebeneinander gelegenen, schmalen Streifen und sprechen dabei jeden Stamm nach dem Augenmaße auf seinen Massengehalt an. Die geschätzten Inhalte werden in einem geeignet vorbereiteten Aufnahmebuche notiert und durch Summierung die Bestandesmasse gefunden. Um Irrungen zu vermeiden, werden die bereits taxierten Bäume in irgend einer Weise bezeichnet.

Nach den Versuchen, welche Ihrig über dieses Verfahren angestellt hat, waren die Fehlermaxima der einzelnen Taxatoren + 11,5 und — 3,1 %, das arithmetische Mittel betrug + 3,8 %. Ihrig glaubt, daß unter günstigen Voraussetzungen (große Übung, gleichmäßige Bestockung, Vertrautheit mit der betr. Holzart und den lokalen Wachstumsverhältnissen) das Mittel der durch eine Mehrzahl von geübten und unbefangenen Schätzern ausgeführten Okulartaxation bei einer größeren Anzahl von Stämmen ein mindestens ebenso gutes, wenn nicht besseres Resultat darstellt, als bei Anwendung der bayerischen Massentafeln erreicht wird, falls die Baumhöhen nicht wirklich gemessen werden.

Da aber diesen Bedingungen nur selten genügt werden kann und der Zeitaufwand für die Abschätzung und Notierung des Kubikinhaltes aller Stämme so ziemlich der gleiche ist, wie der zur Bestimmung der Stammgrundfläche mit Hilfe der Kluppe und zur Messung einiger Baumhöhen, so wird man wohl in der Mehrzahl der Fälle, namentlich in geschlossenen, stammreichen Beständen, die ungleich sichere Methode der Bestandesmassenermittelung mit Hilfe der Formzahlen oder Massentafeln vorziehen.

Die stammweise Schätzung hat nur in lichten Beständen mit wenigen, sehr starken Stämmen (Abtriebsschlägen bei natürlicher Verjüngung, Überhältern, Oberholz des Mittelwaldes) sowie in jenen Fällen ihre Berechtigung, wo nur ein geringerer Grad von Genauigkeit erforderlich ist wie bei den Hiebsanweisungen; doch ist es auch hier zweckmäßig, die Schätzung durch einzelne Messungen zu unterstützen, wenn genaue Kenntnisse der örtlichen Verhältnisse fehlen.

## § 30. Massenschätzung nach Hiebsergebnissen.

In Waldungen, in welchen schon seit längerer Zeit das Ergebnis der Holzernte genau verbucht wird, bieten die Fällungsergebnisse, auf die Flächeneinheit reduziert, gute Anhaltspunkte für die Schätzung des Ertrages anderer Flächen, wenn man das gegenseitige Alter und das Verhältnis der übrigen die Bestandesmasse bildenden Faktoren berücksichtigt. Diese Methode wird bei Betriebsregulierungen häufig (namentlich in Sachsen) und mit gutem Erfolg angewendet, besonders in ausgedehnten, ziemlich gleichmäßig bestockten Nadelholzbeständen.

Auch die Ergebnisse der Aufhiebe von Wegen und Schneisen, welche bei den Taxationen mehrfach vorkommen, bieten guten Anhalt für die Massenschätzung.

## § 31. Massenschätzung im Anhalte an einzelne Probeaufnahmen.

Wenn ausgedehnte Massenaufnahmen stattfinden sollen, wie dieses namentlich gelegentlich bei Forsteinrichtungsarbeiten der Fall ist, ohne daß spezielle Massenermittelung für sämtliche in Betracht kommenden Bestände durchführbar sind, sowie ohne genügende

Grundlagen durch die seitherige Buchführung, so empfiehlt es sich nach einer der später zu besprechenden genauen Methoden der Bestandesaufnahme in angemessenen Teilen (Probeflächen) einzelner charakteristischer Bestände für die verschiedenen Standorts- und Bestandeskategorien Erhebungen über den Vorrat pro ha anzustellen. (Wegen der Auswahl von Probeflächen folgt näheres unten im § 46.) Wenn man die Durchschnitte aus diesen Aufnahmen für die gleichartigen Verhältnisse bildet und die Resultate einer größeren Zahl derartiger Aufnahmen tabellarisch, etwa nach Art der Ertragstafeln (vergl. § 71) zusammenstellt, so erhält man einen guten Einblick in den Vorrat bei den betreffenden Standorts- und Bestandesverhältnissen oder mit anderen Worten, je nach der Ausdehnung, welche man diesen Erhebungen gegeben hat, eine mehr oder minder vollständige Lokalertragstafel.

Die so gewonnenen Materialien lassen sich sehr gut für die Einschätzung der übrigen Bestände unter der bereits oben erwähnten Voraussetzung verwenden, daß das Verhältnis des Alters und der übrigen massenbildenden Faktoren zwischen den Musterflächen und den konkreten Beständen entsprechend berücksichtigt wird.

Es ist zweckmäßig, wenn die Probeflächen wenigstens für die Dauer der Arbeit bleibend bezeichnet und so gelegt werden, daß man sie möglichst oft vor Augen bekommen kann, also in die Nähe der Wohnungen oder häufig zu begehender Wege, um sich so den Bestandescharakter wiederholt einprägen zu können.

## § 32. Massenschätzung nach Ertragstafeln.

Aus den später noch eingehend zu besprechenden Ertragstafeln läßt sich der Vorrat normal bestockter Flächen für verschiedene Alter und Holzarten pro ha entnehmen, und können diese deshalb auch als ein Hilfsmittel für die Bestandesmassenermittelung dienen.

Bei Anwendung dieses Verfahrens müssen a) die Standortsgüte, b) das Verhältnis seiner Bestockung zur normalen (Bestandesgüte) und c) das gegenwärtige Alter ermittelt werden.

Ersteres geschieht am einfachsten, wie später gezeigt werden wird, durch Messung der Mittelhöhe, das zweite durch Bestimmung

der konkreten Stammgrundfläche mittels Kluppierung einer Probefläche; das Einschätzen des Bestockungsgrades in Bruchteilen des normalen gibt für die Massenermittelung ganz ungenaue Resultate und genügt nur für die Bestandesbeschreibung. Die Altersbestimmung erfolgt am besten durch Zählung der Jahrringe an frischen Stöcken oder eigens gefällten Bäumen.

Die Massenangaben der Ertragstafeln werden alsdann nach dem Verhältnis der Stammgrundfläche reduziert.

Wenn aber die Mittelhöhe eines Bestandes und dessen Stammgrundfläche bekannt sind, dann kann man auch die Massenermittelung mit Hilfe der Formzahlen oder Massentafeln vornehmen. Die Aufgabe der Ertragstafeln besteht auch weniger darin, ein Hilfsmittel für die Massenermittelung als ein solches für die Bestimmung des Zuwachses zu sein. Für ersteren Zweck liefern sie nur Anhaltspunkte, um den Vorrat einigermaßen genügend ansprechen zu können.

### § 33. Schätzungsverfahren von Gerding-Borggreve*).

In älteren Kiefern- und Buchenbeständen von mittlerem Schluß beträgt die Stammgrundfläche pro ha 30—35 qm, bei Fichte und Tanne 35—45 qm. Die durchschnittliche Bestandes-Derbholzformzahl beträgt 0,47—0,50, so daß das Produkt $GF_d$ zwischen 15 und 20 schwankt. Da die Bestandes-Derbholzmasse $M = HGF_d$ ist, gibt Borggreve folgende Regel:

Um den Derbholzgehalt pro ha zu finden, multipliziere man die Mittelhöhe
bei Buche und Kiefer mit 14—18, im Mittel mit 16,
„ Fichte „ Tanne „ 16—22, „ „ „ 18.

## II. Bestandesaufnahme durch Messung.

### § 34. Ermittelung der Stammzahl und Stammgrundfläche.

Sämtliche Methoden der Bestandesmassenermittelung durch Messung setzen die Kenntnis der Stammgrundfläche voraus, welche sich auch mit dem relativ größten Genauigkeitsgrade be-

*) Forstl. Bl. 1891, p. 90 u. 132.

stimmen läßt. Ihre Ermittelung bildet daher stets den ersten und wichtigsten Arbeitsteil der Massenaufnahme.

Die Stammgrundfläche eines Bestandes ergibt sich als die Summe der Stammgrundflächen aller Einzelstämme, sie wird durch das sogenannte Auskluppieren gefunden.

Bei diesem Geschäfte werden die Grundstärken aller Stämme in einer bestimmten Höhe, Brusthöhe (gewöhnlich 1,3 m), über dem Boden mittels der Kluppe gemessen.

Die Stammgrundfläche wird, wie bereits oben (p. 48) angegeben wurde, deshalb in Brusthöhe und nicht am Boden gemessen, weil letzteres kaum durchführbar wäre und weil die Querfläche der Stämme an dieser Stelle wegen des Wurzelanlaufes am unregelmäßigsten ist.

Außer den Stammzahlen der einzelnen Stärkestufen soll bei der Kluppierung auch die Verteilung der Stämme nach Holzarten und, wo Höhenklassen auszuscheiden sind, auch nach diesen gefunden werden.

Unter Umständen kann es auch zweckmäßig sein, gelegentlich der Kluppierung die Stämme noch nach anderen Gesichtspunkten zu ordnen, z. B. nach Güteklassen für die Zwecke der Wertsermittelung, was namentlich in Eichenbeständen zu empfehlen ist.

Die Kluppierung wird in der Weise vorgenommen, daß ein oder mehrere Gehilfen (Kluppenführer) die Durchmesser abgreifen und deren Größe, sowie, wenn mehrere Holzarten vorkommen, auch diese laut ausrufen, während der Taxator (Protokollführer, Manualführer) die Resultate der Messung in ein entsprechend vorgerichtetes Manual einträgt. Ein Manualführer kann gewöhnlich zwei, in dicht bestockten jungen Beständen aber nur einen einzigen Kluppenführer beschäftigen.

Um Doppelmessungen oder ein Übersehen von Stämmen zu vermeiden, werden diese nach der Messung vom Kluppenführer mittels des Reishakens oder der Kreide durch einen Strich, und zwar in der Richtung gegen den noch nicht aufgenommenen Bestand hin, bezeichnet.

Beim Kluppieren wird der Bestand streifenweise und an Berghängen in der Richtung der Horizontalen durchgangen, indem die

Kluppenführer in nicht zu großer Entfernung von einander postiert werden und jeder in seinem schmalen Streifen die Messung vollzieht, während der Taxator ihnen mit geringem Abstand nachfolgt, die ausgerufenen Abmessungen notiert und zugleich die Kluppenführer bezüglich des richtigen Anlegens der Kluppe, sowie etwaiger grober Fehler bei der Durchmesserangabe nach dem Augenmaße kontrolliert. Immerhin ist letzteres aber nur in beschränktem Maße möglich, wenn mehrere Kluppenführer vorhanden sind, weil der Manualführer dadurch von seiner monotonen Arbeit abgelenkt wird und leicht das Eintragen von Durchmessern vergißt.

Größere Bestände werden, um die Übersicht zu erleichtern, unter Benutzung vorhandener Wege, Gräben u. s. w. in kleinere Teile zerlegt, deren jeder für sich aufgenommen wird. In stark geneigtem Terrain werden die Streifen in horizontaler Richtung von unten beginnend aneinander gereiht.

Die Messung selbst wird in folgender Weise vorgenommen:

1. Vor dem Gebrauche, sowie auch während der Arbeit ist zu kontrollieren, ob der bewegliche Schenkel der Kluppe nicht schlottert.

2. Die Kluppe muß genau rechtwinkelig zur Stammachse angelegt werden.

3. Bei stark bemoosten Stämmen muß das Moos vor der Messung entfernt werden. Ist an den Meßstellen eine auffallende Verdickung oder sonstige Unregelmäßigkeit, so wird nicht an dieser, sondern etwas höher oder tiefer gemessen.

4. Die Ablesung muß erfolgen, während die Kluppenschenkel noch fest am Stamm anliegen, und hat der Gehilfe zu diesem Zweck dicht an den Maßstab heranzutreten.

5. Bei Messungen an Berghängen erfolgt das Anlegen der Kluppe von der Bergseite her.

6. Die angenommene Meßhöhe ist genau festzuhalten; es empfiehlt sich, diese an der Kleidung des Kluppenführers durch einen Kreidestrich, Knopf u. s. w. zu markieren. Aus dem gleichen Grunde soll man vermeiden, ungewöhnlich große oder kleine Leute zum Kluppieren zu verwenden.

Die Erhaltung der Meßhöhe ist genau zu kontrollieren, weil nach den Untersuchungen von Grundner schon eine Abweichung von 10 cm nach oben oder unten

einen Flächenfehler von 1,5 % verursacht. Auf ständigen Versuchsflächen muß daher die Stelle, an welcher der Maßstab der Kluppe angelegt werden soll, durch ein Ölfarbenkreuz dauernd bezeichnet sein.

7. Bei den gewöhnlichen Kluppierungen für taxatorische Arbeiten wird in der Regel an jedem Stamme nur ein einziger Durchmesser abgegriffen, nur bei besonders stark exzentrisch gewachsenen Stämmen werden deren zwei, übers Kreuz, gemessen und das Mittel von beiden eingetragen.

Für wissenschaftliche Arbeiten werden stets zwei Durchmesser ermittelt.

8. Da oft mehrere Kluppenführer ihre Messungen gleichzeitig ausrufen, so empfiehlt es sich, daß der Manualführer, um Mißverständnisse zu vermeiden, diese zum Zeichen des geschehenen Eintragens wiederholt.

Wenn die Bestände derartig beschaffen sind, daß Stämme von gleichem Durchmesser sehr bedeutende Höhenunterschiede aufweisen, und deshalb auch eine Sonderung nach Höhenklassen notwendig wird, schätzt der Manualführer, nachdem der Kluppenführer den Durchmesser eines Baumes gemessen hat, auch dessen Höhenklasse, um den richtigen Eintrag in das Manual vornehmen zu können. Damit diese Arbeit nicht unnötig erschwert wird, scheidet man nicht zu viele Höhenklassen (gewöhnlich zwei bis höchstens drei mit genügenden Unterschieden von etwa 5 m) aus. Eine feinere Abstufung hat auch deshalb keinen Zweck, weil die Einreihung in die Höhenklassen nur nach dem Augenmaße erfolgen kann.

Es ist zweckmäßig, wenn zur Feststellung der Höhenklassen und zur Übung des Taxators zuerst Probemessungen vorgenommen werden.

In sehr geschlossenen Beständen, in denen die Einschätzung der Höhenklassen wegen der ineinander greifenden Baumkronen schwierig und zeitraubend wird, kann ein Taxator nur einen Kluppenführer beschäftigen.

Bezüglich der Ausscheidung von Höhenklassen ist ebenso wie für die Trennung der verschiedenen Holzarten eines Bestandes zu bemerken, daß man nicht allzu ängstlich zu sein braucht, weil sonst die entstehende Arbeitsvermehrung in keinem Verhältnis zum erzielten Genauigkeitsgrade steht.

Selbst in ganz regelmäßig begründeten und erzogenen Beständen schwanken die Höhen für die gleichen Durchmesserstufen nicht unerheblich. Es müssen daher Differenzen von mindestens 4—5 m bei gleichem Durchmesser vorliegen, ehe eine Trennung nach Höhenklassen gerechtfertigt ist. In gleichaltrigen Hochwaldbeständen ist eine Ausscheidung von Höhenklassen wohl nie erforderlich, diese beschränkt sich fast ausschließlich auf Plänter- und Mittelwaldbestände.

Bei den gemischten Beständen nötigt die verschiedene Formzahl der einzelnen Holzarten bei gleicher Höhe und gleichem Durchmesser zur Trennung und gesonderten Massenberechnung, jedoch erst dann, wenn die Beimischung so stark wird, daß ein erheblicher Einfluß auf das Resultat zu erwarten steht. Solange die Mischung nicht etwa 10 % beträgt, wird man ohne Anstand die in der Minderzahl vorkommende Holzart der Hauptholzart zurechnen dürfen. Außerdem ist auch noch zu berücksichtigen, ob die Formzahlen der in Mischung vorkommenden Holzart sehr verschieden sind. Man wird also, wenn z. B. Buchen und Kiefern mit einander gemischt sind, schon bei einem geringeren Prozentsatz der einen oder anderen Holzart zu einer Trennung für die Zwecke der Massenberechnung greifen müssen, als wenn Fichten und Tannen zusammen vorkommen.

Die Einrichtung des Manuals, zu welchem man am besten quadriertes Papier benutzt, und die verschiedene Art der Notierung der Stammzahlen hierin zeigt folgendes Formular:

| Durchmesser bei 1,3 m über dem Boden | Holzart (Höhenklasse) | | | | | | | Stammzahl | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| cm | Fichte (I) | | | | Kiefer (II) | | | Fichte (Höhenklasse I) | Kiefer (Höhenklasse II) |
| 30 | 卌 | 卌 | 卌 | \|\|\| | 卌 | \|\|\| | | 18 | 8 |
| 32 | ⊠ | ⊠ | ⊠ | ⊔ | ⊠ | ☐ | | 36 | 18 |
| 34 | : : : : : | : : : : : | . . . | | : : : : : | : : : : : | . . | 23 | 22 |

Die beiden ersten Formen der Vormerkung der Stammzahlen sind am gebräuchlichsten, die dritte (mit Punkten) ist zu unübersichtlich, verwischt sich bei feuchtem Wetter leicht und wird daher nur selten angewandt.

In der angegebenen Weise können von einem Protokollführer und zwei Kluppenführern nach den Untersuchungen von Heß pro Stunde im Mittel 680 Stämme (Maximum 971, Minimum 422), nach Baur 765 Stämme, durchschnittlich pro Arbeitstag also etwa 7000 Stämme gemessen werden.

Eine Arbeitsersparnis läßt sich hierbei durch die oben erwähnten selbstregistrierenden Kluppen erzielen. Die Arbeitsleistung ist für den Kluppenführer in beiden Fällen etwa gleich groß, aber es ist nicht notwendig, daß der Taxator ständig anwesend ist, da das Ablesen rascher und bei gelegener Zeit im Bureau erfolgen kann. Wo also Mangel an brauchbarem Personal besteht oder die Arbeitslöhne sehr hoch sind, werden diese Kluppen ganz schätzenswerte Dienste leisten.

## § 35. Bildung von Stärkestufen und Abrundung der Durchmesser.

Es ist bereits früher gezeigt worden (p. 26), welche Beziehung zwischen dem Genauigkeitsgrade, mit welchem der Durchmesser abgegriffen wird, und jenem der Kreisflächen- bezw. Massenermittelung beim Einzelstamme besteht, und wurde dort namentlich darauf hingewiesen, daß die Abstufungen bei der Messung des Durchmessers, wenn eine bestimmte Fehlergrenze nicht überschritten werden soll, umso kleiner gemacht werden müssen, je geringer dieser selbst ist.

Die gleichen Bedingungen bestehen auch bei der Ermittelung der Durchmesser von ganzen Beständen, nur kommt hier noch der Umstand in Betracht, daß es sich um die Aufnahme einer größeren Anzahl von Stämmen handelt, und hierdurch die Fehler, welche infolge einer weitergehenden Abrundung entstehen, teilweise ausgeglichen werden.

Während für die Messung der Einzelstämme die Durchmesser in der Praxis gewöhnlich auf ganze Zentimeter abgerundet und nur für wissenschaftliche Untersuchungen auf Millimeter genau abgegriffen werden, ist bei Bestandesaufnahmen eine erheblich weitergehende Abrundung zulässig. Für taxatorische Arbeiten können in haubaren und angehend haubaren Beständen Abstufungen von 5 zu 5 cm gemacht werden, ohne einen Fehler von mehr als 1 % gegenüber der zentimeterweisen Kluppierung zu begehen.

Nur in sehr jungen Beständen, bis etwa zu 30 Jahren, ist eine Abstufung von 2 zu 2 cm nötig, in älteren Stangenhölzern erscheint bereits eine solche von 4 zu 4 cm zulässig.

Wenn Formzahl- und Massentafeln zur Massenermittelung benutzt werden sollen, kommt für die Abrundung auch die in den betreffenden Tafeln vorgenommene Durchmesserabstufung in Betracht.

Die Kluppierung nach Stärkestufen von 4 zu 4 oder 5 zu 5 cm ist sehr zu empfehlen, weil sie auch bei der Massenberechnung eine sehr wesentliche Vereinfachung der Arbeit ermöglicht, ohne die Genauigkeit zu beeinträchtigen.

Bei der Bestandeskluppierung bedient man sich mit Vorteil der früher beschriebenen selbstabrundenden Kluppe, welche leicht den gewählten Abstufungen entsprechend eingeteilt werden kann.

Über die Fehlerprozente, welche durch die Abrundung der Durchmesser veranlaßt werden, liegen Untersuchungen von Weise, Grundner, Kunze und Flury vor.

Weise hat gefunden, daß die Abweichung gegenüber der zentimeterweisen Kluppierung bei Durchmesserstufen von 5 zu 5 cm für 73696 Fichten 1 % (bei Beständen unter 40 Jahren 2,8 %), für 67031 Kiefern 0,5 % (bei Beständen unter 20 Jahren 11,1 %, bei solchen von 20—40 Jahren 1,7 %) beträgt.

Nach den Untersuchungen von Grundner dürfen, um keinen Fehler zu begehen, welcher größer ist als 1 % der auf Millimeter genauen Kluppierung, die Abstufungen bei Beständen nicht größer sein als:

| | | |
|---|---|---|
| ½ cm | bei einem Mitteldurchmesser des Bestandes von | 10—15 cm |
| 4 cm | " " " " " " | 20—30 cm, |
| 5 cm | " " " " " " | 40 cm an. |

Bei Abrundung auf ganze Zentimeter sind 0,5 cm oder allgemein: die halbe Größe der Abrundung und darüber voll zu rechnen, Bruchteile unter 0,5 bleiben dagegen unberücksichtigt.

Wegen der bereits früher besprochenen Abweichung der Schaftquerflächen von der Kreisform entstehen beim Abgreifen eines einzigen Durchmessers in konstanter Richtung Fehler, welche sich bei einer Mehrzahl von Stämmen zwar teilweise, aber doch nicht vollständig ausgleichen, da die größten und kleinsten Durchmesser bei den meisten Bäumen innerhalb desselben Bestandes nach der gleichen Himmelsgegend liegen.

Nach Grundner erhält man bei zwei rechtwinkelig zu einander nach der gewöhnlichen Methode ausgeführten Messungen für den gleichen Bestand Differenzen,

welche im Mittel bei der Buche: 5,6%, Eiche 6,8%, Kiefer 8,4%, im Maximum 14% betragen.

Die hierdurch entstehenden Fehler sind doch immerhin so bedeutend, daß es wünschenswert ist, sie auch bei den taxatorischen Arbeiten zu vermeiden. Th. Hartig hat deshalb vorgeschlagen, man solle beim streifenweisen Durchgehen die Durchmesser so abgreifen, daß im ersten Zug beim Messen die Schulter, im zweiten das Gesicht oder der Rücken der Ausgangsseite zugekehrt sei und so abwechselnd Zug um Zug. Grundner empfiehlt von Stamm zu Stamm mit der Richtung zu wechseln, also z. B. den ersten Stamm in der Richtung OW, den zweiten in der Richtung NS u. s. w. zu messen.

Durch beide Methoden erhält man erheblich bessere Resultate als bei dem gewöhnlichen Verfahren. Während hier die Differenzen gegen Doppelkluppierung ± 5—6% betragen, betragen sie nach der Hartigschen Methode ± 1% und bei der von Grundner vorgeschlagenen nur ± 0,5%.

Leider sind beide Methoden unbequem und eignen sich deshalb weniger bei der Kluppierung ganzer Bestände als bei jener von Probeflächen zur Anwendung.

Bei forststatischen Untersuchungen werden stets zwei Durchmesser für jeden Stamm abgegriffen, und zwar am besten je in der Richtung des größten und kleinsten Durchmessers. Man kann entweder aus den beiden Durchmessern sofort das arithmetische Mittel berechnen und dieses notieren, oder man trägt jeden abgegriffenen Durchmesser ein und legt dann die halbe Summe der sämtlichen Durchmessern zugehörigen Kreisflächen der Rechnung zu Grunde.

Vom mathematischen Standpunkt aus ist zwar das erstere Verfahren das genauere (vergl. p. 25), indem das letztere stets etwas zu große Resultate liefert. Allein die betreffende Differenz ist so gering (nach Grundner 0,1%), daß es sich empfiehlt, das zweite Verfahren zu wählen, welches ungleich praktischer ist, weil der Manualführer nicht gezwungen wird, stets sofort das Mittel der Durchmesser zu berechnen, wodurch leicht Irrtümer entstehen, außerdem geht die Arbeit aber auch erheblich rascher, weil beim Wegfall dieser Rechnungen statt eines einzigen Kluppenführers von einem Manualführer deren zwei und unter Umständen sogar drei beschäftigt werden können.

Die Berechnung der Bestandeskreisflächensumme aus den bekannten Durchmessern und Stammzahlen erfolgt unter Benutzung der früher (p. 28) bereits besprochenen Kreisflächenmultiplikationstafeln in äußerst einfacher Weise. Bezüglich der Anzahl von Dezimalstellen von Quadratmetern, mit welchen man zu rechnen hat, wenn die Stärkestufen nicht enger gemacht worden sind als halbe Zentimeter, hat Grundner ebenfalls Untersuchungen angestellt. Diese haben ergeben, daß die Rechnung mit mehr als drei Dezimalstellen selbst für wissenschaftliche Zwecke eine mit dem Genauigkeitsgrad der Rechnungsgrundlagen nicht im Einklang stehende Erschwerung ist, sondern daß für die meisten praktischen Zwecke die Benutzung zweistelliger Kreisflächenmultiplikationstafeln genügt.

## § 36. Einleitung zu den verschiedenen Methoden der Bestandesmassenermittelung.

Wenn die Bestände aus N ihrer Stammgrundfläche g, Scheitelhöhe h und Formzahl f nach vollkommen gleichen Bäumen zusammengesetzt wären, so würde sich deren Massengehalt vollständig genau ergeben, wenn man den Inhalt eines Stammes ermitteln und diesen mit der gesamten Stammzahl multiplizieren würde. Derartige Bestände finden sich zwar in der Natur nicht, aber die Stämme eines regelmäßigen Hochwaldbestandes sind doch auch nicht so von einander verschieden, daß die genaue stereometrische Ausmessung jedes einzelnen Stammes notwendig wäre. Letzteres würde nur dann der Fall sein, wenn die Formzahl für jeden Stamm verschieden und nicht wenigstens annähernd eine stetige Funktion der Grundstärke oder der Höhe oder beider zugleich wäre. Bei sehr unregelmäßig erwachsenen Plänterwaldbeständen liegen die Verhältnisse allerdings nicht so günstig, aber auch hier kann die spezielle Massenermittelung auf wenige Stämme beschränkt werden.

In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle darf angenommen werden, daß in demselben Bestand Stämme von gleicher Grundstärke voraussichtlich auch in ihrer Höhe und Formzahl und damit auch in ihrer Masse nicht erheblich verschieden sein werden. Man braucht deshalb in solchen Beständen nur Gruppen (Klassen) von gleicher oder annähernd gleicher Grundstärke zu bilden, um hierdurch

auch Stämme von gleicher Höhe und Formzahl zu treffen. Für jede solche Gruppe können Repräsentanten (Probe- oder Modellstämme) gewählt und kubiert werden, und ist es alsdann zulässig, aus ihrem Inhalte einen Schluß auf die Masse der ganzen Klasse zu ziehen. Über die Abgrenzung dieser Gruppen wird weiter unten das nähere folgen.

In jenen Beständen, in welchen die Höhe und Formzahl nicht als eine Funktion der Stärke betrachtet werden dürfen, ist es nötig, neben der Grundstärke auch noch die Höhe zu messen oder zu schätzen und neben den Stärkeklassen auch noch Höhenklassen auszuscheiden. Von der Bildung besonderer Formzahlklassen wird indessen auch hier abgesehen, weil es unmöglich ist, die Formzahl annähernd richtig zu schätzen, und weil außerdem zwischen Höhe und Grundstärke einerseits und Formzahl andererseits stets ein enger Zusammenhang besteht. Man erhält deshalb bei der Ausscheidung der Höhen- und Stärkeklassen gleichzeitig auch Formzahlklassen.

### § 37. Bestandesaufnahme nach dem (arithmetisch) mittleren Modellstamme.

Dieses Verfahren kann in zwei verschiedenen Formen zur Anwendung kommen:

1. Man wählt jenen Stamm aus, welcher die mittlere Kreisfläche und damit auch zugleich die mittlere Höhe und Formzahl des betreffenden Bestandes repräsentiert. Die Bestandesmasse V wird alsdann gefunden durch Multiplikation der Masse v des mittleren Modellstammes mit der Stammzahl N des Bestandes:

$$V = v \cdot N.$$

Da die Abhängigkeit der Höhe und Formzahl von der Kreisfläche bezw. vom Durchmesser vorausgesetzt wird, so ist es also nur nötig, diese Elemente für den Mittelstamm zu berechnen, was in einfacher Weise dadurch geschieht, daß man die Kreisflächensumme des Bestandes G durch die Stammzahl N dividiert:

$$g = \frac{G_1N_1 + G_2N_2 + G_3N_3 + \ldots}{N_1 + N_2 + N_3 + \ldots} = \frac{G}{N}.$$

Mit größerer Genauigkeit erhält man diese Mittelfläche für ganze Bestände nach Kunze*) durch die Formel:

$$g = \sqrt{\frac{G_1^2 N_1 + G_2^2 N_2 + G_3^2 N_3 + \ldots}{N_1 + N_2 + N_3 + \ldots}}$$

Bei Zerlegung der Bestände in eine größere Anzahl von Klassen kann man dagegen, wie Kunze a. a. O. sagt, unbedenklich die Durchmesser der Klassenmittelstämme in der gewöhnlichen abgekürzten Weise berechnen, während jene des Bestandesmittelstammes fehlerhaft, und zwar merklich zu klein gefunden wird.

Man sucht alsdann im Bestande einen Stamm mit dem zur mittleren Kreisfläche g gehörigen Durchmesser d, welcher auch den übrigen später noch näher zu erörternden Ansprüchen an einen Modellstamm entspricht, und läßt diesen in mehreren (3—4) Exemplaren fällen, um von den individuellen Unregelmäßigkeiten unabhängige Mittelwerte zu erhalten. Der durchschnittliche Festgehalt dieser Stämme stellt die richtige Masse des mittleren Modelstammes dar, welcher in der oben angegebenen Weise durch Multiplikation mit der Stammzahl die Bestandesmasse ergibt.

Da $g = \frac{G}{N}$, so ist $N = \frac{G}{g}$,

setzt man diesen Ausdruck in die gewöhnliche Formel

$$V = v \cdot N$$

ein, so erhält man:

$$V = v \cdot \frac{G}{g}$$

d. h. man findet die Bestandesmasse auch, wenn die Bestandesgrundfläche durch die Kreisfläche des Mittelstammes dividiert und der Quotient mit der Masse des letzteren multipliziert wird.

Wenn die Grundfläche g des konkreten Mittelstammes genau $= \frac{G}{N}$ ist, so wird zur Massenberechnung stets die einfache Formel

$$V = v \cdot N$$

benutzt.

Die andere Formel ist dann am Platze, wenn $\frac{G}{g}$ nicht genau $= N$, ein Fall, der bei den später noch zu besprechenden Verfahren von Draudt und Urich leicht vorkommt und dort auch näher erörtert werden wird.

---

*) Kunze, Anleitung zur Aufnahme des Holzgehaltes der Waldbestände. 2. Aufl. Berlin 1891, p. 17.

## Verfahren des mittleren Modellstammes.

Oberförsterei: Freienwalde. Jagen: 18. Holzart: Kiefer.

| Holzart | der kluppierten Stämme | | | des Bestandes | | des mittleren Modellstammes | | Zahl der Probestämme |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Stärkestufe | Zahl | Kreisflächensumme | Stammzahl | Kreisfläche | Kreisfläche in qcm | Durchmesser in cm | |
| | cm | | qm | | qm | bei 1,3 m über dem Boden | | |
| Kiefer | 15 | 2 | 0,038 | — | — | — | — | — |
| | 20 | 10 | 0,343 | — | — | — | — | — |
| | 25 | 42 | 2,111 | — | — | — | — | — |
| | 30 | 64 | 4,535 | 176 | 13,238 | 752 | 30,9 | 2 |
| | 35 | 41 | 3,879 | — | — | — | — | — |
| | 40 | 12 | 1,478 | — | — | — | — | — |
| | 45 | 5 | 0,854 | — | — | — | — | — |

Es wurden 2 Probestämme ausgewählt, welche beide einen Durchmesser in Brusthöhe von 31 cm hatten. Länge und Mittendurchmesser waren nach der Fällung ermittelt zu: 16 m und 21,2 cm bezw. 18 m und 22,0 cm. Der Festgehalt von a war 0,56, jener von b 0,68 fm, als Mittel also 0,62 fm.

Die ganze Bestandesmasse ist demnach: 176 × 0,62 = 109,12 fm.

2. Dieses bereits von Huber im Jahre 1824 angegebene und später namentlich von Carl Heyer empfohlene Verfahren ist zwar sehr einfach und bequem, wurde aber in neuerer Zeit sowohl hinsichtlich seiner theoretischen Richtigkeit als auch bezüglich des hiermit zu erreichenden Genauigkeitsgrades mehrfach angegriffen und ist wenig mehr in Übung.

Es geht von der Voraussetzung aus, daß der Stamm, welcher die mittlere Grundfläche besitzt (Grundflächen-Mittelstamm), gleichzeitig auch die mittlere Masse enthält, d. h. Massen-Mittelstamm ist. Zu diesem Zweck muß er auch die mittlere Höhe und Formzahl haben, oder es muß wenigstens seine Formhöhe, d. h. das Produkt von Höhe und Formzahl dem Mittel des Bestandes entsprechen. Der Grundflächen-Mittelstamm muß also auch der Formhöhen-Mittelstamm sein. Letzteres wird von Wimmenauer und Weise bestritten.

Dieses Verfahren wäre einerseits zu umständlich und würde andererseits wegen der individuellen Schwankungen doch keinen, dem Zeitaufwande entsprechenden Genauigkeitsgrad liefern.

Bei der üblichen Durchführung dieser Methode mißt man die Höhe einer Anzahl beliebig ausgewählter mittelstarker Stämme von durchschnittlicher Entwickelung und betrachtet das arithmetische Mittel dieser Höhe als mittlere Bestandeshöhe.

Genau wird die Bestandesmittelhöhe in folgender Weise bestimmt:

α. nach Kunze*):

$$H = \sqrt{\frac{H_1^2 N_1 + H_2^2 N_2 + H_3^2 N_3 + \ldots}{N_1 + N_2 + N_3 + \ldots}} \qquad 1)$$

β. nach Ed. Heyer und Lorey**) durch folgende Betrachtung:

$$V = GHF = G_1H_1F_1 + G_2H_2F_2 + G_3H_3F_3 + \ldots$$

$$H = \frac{G_1H_1F_1 + G_2H_2F_2 + G_3H_3F_3 + \ldots}{GF}$$

$$H = \frac{G_1H_1F_1 + G_2H_2F_2 + G_3H_3F_3 + \ldots}{G_1F_1 + G_2F_2 + G_3F_3 + \ldots}$$

Diese Formel ist jedoch für den praktischen Gebrauch zu unbequem, man unterstellt daher die durchschnittliche Gleichheit der Formzahlen, wodurch diese übergeht in:

$$H = \frac{G_1H_1 + G_2H_2 + G_3H_3 \ldots}{G_1 + G_2 + G_3 \ldots} \qquad 2)$$

ein Ausdruck, der gegenwärtig bei wissenschaftlichen Arbeiten ausschließlich angewendet wird.

Behufs Anwendung der Ertragstafeln ist zu berücksichtigen, daß die nach der Formel $\frac{G_1H_1 + G_2H_2 + \ldots}{G_1 + G_2 + \ldots}$ berechnete Mittelhöhe um ca. 0,5—2,0 m höher ist, als der Durchschnitt der Probestammhöhen, weil die höheren und auch stärkeren Stammklassen dort vermöge des größeren Anteiles an der Bestandeskreisfläche mehr ins Gewicht fallen.

---

*) Kunze, Anleitung zur Aufnahme des Holzgehaltes der Waldbestände, p. 22.

**) Lorey, Die mittlere Bestandeshöhe, Allgem. Forst- u. Jagdzeitg. 1883, p. 119 und 1878, p. 149.

Zu 2. Die Bestandesformzahl wird nach Analogie der Mittelhöhe nach folgender Formel berechnet:

$$F = \frac{G_1H_1F_1 + G_2H_2F_2 + G_3H_3F_3 + \ldots}{G_1H_1 + G_2H_2 + G_3 H_3 + \ldots}$$

$$= \frac{V}{GH}$$

unter der Voraussetzung, daß H nach der Formel von Heyer-Lorey ermittelt worden ist.

Die Bestandesformzahlen sind gelegentlich der Aufstellung der neueren Ertragstafeln genauer studiert worden. Es hat sich hierbei ergeben, daß sie bei gleicher Holzart von dem Alter und der Standortsgüte abhängen, sowie daß namentlich die Bestandes-Derbholzformzahlen in den höheren Altersklassen sich wenig ändern.

So zeigen z. B. die Bestandes-Derbholz-Formzahlen der Kiefer auf I. Standortsklasse folgenden Verlauf:*)

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Alter: | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | Jahre |
| Bestandes-Derbholz-Formzahl: | 437 | 450 | 453 | 451 | 450 | 451 | |

Als Muster der Bestandes-Derbholzformzahlen folgen nachstehend die Angaben für Kiefer, Fichte, Tanne, Eiche und Buche II. Standortsklasse im Alter von 100—129 Jahre auf 2 Dezimalstellen abgerundet:

| | |
|---|---|
| Buche . . . . . . | 0,51 |
| Eiche . . . . . . | 0,51 |
| Kiefer . . . . . . | 0,46 |
| Fichte . . . . . . | 0,47 |
| Tanne . . . . . | 0,52**) |

In jenen Fällen, in welchen Angaben für Bestandesformzahlen fehlen, bietet das von Gehrhardt angegebene Verfahren, nach einigen passend ausgewählten Probestämmen die Formgrundflächenlinie zu konstruieren, die Möglichkeit, aus der Formel: $F = \frac{gf}{g}$ die Bestandesformzahl abzuleiten, ein vortreffliches Hilfsmittel.

---

*) Schwappach, Neue Untersuchungen über Wachstum und Ertrag normaler Kiefernbestände, Berlin 1896.

**) Angaben über Bestandesformzahlen finden sich in den bereits erwähnten Hilfstafeln zur Inhaltsbestimmung von Bäumen der Hauptholzarten p. 64.

Bei dem gegenwärtigen Stand unserer Erhebungen bezüglich der Bestandesformzahlen, kann die Berechnung der Bestandesmasse nach der Formel

$$V = G \cdot H \cdot F$$

als ebenso bequem wie für die meisten Zwecke der Praxis hinreichend genau empfohlen werden.

Wenn z. B. die Kreisfläche eines Bestandes zu 70,84 qm ermittelt und als Durchschnitt eine Anzahl von Höhenmessungen der Betrag von 23 m, entsprechend der III. Standortsklasse, gefunden wurde, sowie das Alter zu 110 Jahren angenommen werden kann, so ergibt sich als Derbholzformzahl: 0,46. Die Bestandes-Derbholz-Masse ist demnach:

$$V = 70{,}84 \cdot 23{,}0 \cdot 0{,}46 = 749{,}49 \text{ fm.}$$

Der Ausdruck:

$$V = G \cdot H \cdot F$$

läßt sich auch in der Weise zur Massenermittelung verwenden, daß man die Bestandesgrundfläche mit dem Produkt HF, d. h. mit der Formhöhe multipliziert, welche bei bekannter Bestandesmasse und Bestandesgrundfläche gefunden wird als:

$$HF = \frac{V}{G}$$

Über die Formhöhe liegen noch verhältnismäßig wenig Arbeiten vor. Am eingehendsten hat sich Flury hiermit beschäftigt*) und nachgewiesen, daß sie als eine Funktion der Mittelhöhe aufgefaßt werden kann.

Da die Berechnung der Bestandesmasse hier nur die Multiplikation der Grundfläche mit der Formhöhe erfordert, so ist sie um eine Kleinigkeit einfacher als die Anwendung der Bestandesformzahl, bei welcher zwei Multiplikationen notwendig sind. Im übrigen sind beide Verfahren vollkommen gleichwertig.

## § 39. Aufnahme der Bestände nach Klassenmittelstämmen.

Da in regelmäßigen Beständen Höhen und Formzahlen als Funktionen des Durchmessers zu betrachten sind, so darf man bei der Bildung von Gruppen oder Klassen innerhalb geringer Durch-

*) Flury, Berechnung eines stehenden Bestandes mit dem Massenfaktor $\frac{V}{G}$. Mitteilungen der schweizerischen Zentralanstalt für das forstliche Versuchswesen. V. Bd., Zürich 1897, p. 191 und VI. Bd. 1898, p. 115.

messergrenzen von 2—5 cm annehmen, daß, wie bereits oben p. 73 angegeben, jede solche Gruppe nur Stämme von nahezu gleicher Masse enthält und man die Masse der einzelnen Gruppen durch die Ermittelung des Inhaltes eines oder mehrerer Probestämme leicht und genau bestimmen kann.

Dieses zuerst von Hoßfeld 1812 empfohlene Prinzip wurde in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts in den damals erschienenen Forsteinrichtungs-Instruktionen öfters vorgeschrieben, führte zur Aufstellung der bayerischen Massentafeln im Jahre 1846 und wurde namentlich weiter ausgebildet, als durch Gustav Heyer der oben p. 76 angeführte Satz aufgestellt worden war, daß die Bedingungen für die Anwendbarkeit des Mittelstammes für ganze Bestände selten, sondern meist nur für nahe zusammenliegende Stärkestufen zutreffe.

Bei den Verfahren, welche dieses Prinzip zur Anwendung bringen, ist also: $V = V_1 + V_2 + V_3 + \ldots$

Hinsichtlich der Klassenbildung und der Methode der Massenermittelung gehen sie jedoch erheblich auseinander.

Zweckmäßig trennt man diese Verfahren in zwei Gruppen, je nachdem sie die gemeinsame Aufarbeitung der Probestämme gestatten oder nicht.

Oben (p. 74) ist bereits darauf hingewiesen worden, daß der Ausdruck:

$$V = N \cdot v$$

ersetzt werden kann durch:

$$V = \frac{G}{g} \cdot v$$

Bei der Ausscheidung von Klassen erhält man demgemäß statt:

$$V = N_1 v_1 + N_2 v_2 + N_3 v_3 + \ldots$$

$$V = \frac{G_1}{\Gamma_1} v_1 + \frac{G_2}{\Gamma_2} v_2 + \frac{G_3}{\Gamma_3} v_3 + \ldots \qquad 1)$$

Wenn nun die Bildung der Klassen und die Auswahl der Probestämme so erfolgt, daß

$$\frac{G_1}{\Gamma_1} = \frac{G_2}{\Gamma_2} = \frac{G_3}{\Gamma_3} = \ldots = c$$

so geht die Formel 1 über in:

$$V = c\,(v_1 + v_2 + v_3 + \ldots) \qquad 2)$$

worin der Ausdruck innerhalb der Klammern die Masse des Probeholzes bedeutet.

Unter dieser Voraussetzung ist also eine gemeinschaftliche Aufarbeitung der Probestämme statthaft, man findet alsdann die Bestandesmasse durch Multiplikation der Masse des Probeholzes mit dem gemeinschaftlichen Faktor c.

Zu den Verfahren, bei welchen die auszuwählenden Probestämme nicht nur verschiedenen Stärkestufen entnommen, sondern auch in einen derartigen Zusammenhang unter einander gebracht werden, daß die einheitliche Aufarbeitung des Probeholzes stattfinden und die Bestandesmasse direkt aus der Masse des gesamten Probeholzes abgeleitet werden kann, gehören jene von Draudt und Urich. Letzterer bezeichnet sie daher als Probestammsysteme in engerem Sinn.

Bei den übrigen Verfahren der Klassenmittelstämme muß die Massenermittelung für jede Klasse gesondert durchgeführt werden. Die Bestandesmasse ergibt sich hier erst als Summe der Massen der einzelnen Klassen. Hierher gehören namentlich das Verfahren von R. Hartig und die Massenermittelung mit Hilfe von Massentafeln.

### § 40. Verfahren von Draudt*).

Hier sollen die Probestämme in ihrer Zusammenstellung ein genaues Modell des Bestandes auch bezüglich der Stammverteilung nach Stärkestufen darbieten.

Dieses Ziel wird am sichersten dann erreicht, wenn in den Modellstämmen möglichst alle Stärkestufen des Bestandes, und zwar in demselben Verhältnis ihrer Stammzahl wie im Bestand selbst vertreten sind, wenn also Modellstämme für alle Stärkestufen proportional zu deren Stammzahl ausgewählt werden.

Zu diesem Zwecke wird zuerst der Prozentsatz p festgestellt, welchen die Probestämme sowohl von der Stammzahl des ganzen Bestandes als auch von jener der einzelnen Klassen darstellen sollen. p kann entweder direkt angegeben werden, indem man sagt, es sollen 1, 2 u. s. w. Prozente der Stammzahlen als Probestämme

*) Draudt, Die Ermittelung der Holzmassen, Gießen 1860.

gefällt werden, oder es wird die Zahl der im ganzen zu fällenden Probestämme festgestellt, und alsdann aus dieser sowie aus der Gesamtstammzahl der Prozentsatz p berechnet.

Wenn z. B. die Stammzahl des Bestandes 1780 beträgt und 25 Probestämme gefällt werden sollen, so ergibt sich:

$$1780 : 25 = 100 : p$$
$$p = 1{,}4\,\%.$$

Da man sich wohl stets zunächst ein Bild von der zulässigen oder nötigen Anzahl der Probestämme macht, so kommt tatsächlich meist das zweite Verfahren zur Anwendung unter Abrundung des Prozentsatzes auf einen für die Rechnung bequemen Betrag.

Mit dem auf der einen oder anderen Weise bestimmten Prozentsatz p werden die Stammzahlen der einzelnen Stärkestufen, welche bei der Kluppierung gebildet worden sind, multipliziert, um zu ermitteln, wie viele Probestämme für jede Stärkestufe gefällt werden sollen. Die hierbei entstandenen Bruchteile von Probestämmen werden dadurch beseitigt, daß man zunächst jene über 0,5 für voll rechnet und jene unter 0,5 vernachlässigt. Liefern mehrere benachbarte Stärkestufen keinen ganzen Probestamm oder nur Bruchteile unter 0,5, was namentlich in den schwächsten und stärksten Stufen vorkommt, so vereinigt man je nach der Größe dieser Bruchteile mehrere Stufen und entnimmt den Probestamm entweder aus der stammreichsten Stufe oder gutachtlich als annähernden Mittelstamm der betr. Stärkeklasse. Schließlich wird zusammengestellt, ob die Zahl der so berechneten Probestämme mit ihrer vorher bestimmten Gesamtzahl übereinstimmt; Differenzen, welche durch die Abrundung veranlaßt sind, werden alsdann ausgeglichen. Die Entstehung vieler Bruchteile unter einem ganzen Probestamme wird am besten durch die Kluppierung des Bestandes nach Stärkestufen von 4 zu 4 oder 5 zu 5 cm vermieden, wie bereits oben (p. 70) empfohlen worden ist.

Die berechneten Modellstämme werden nach Zahl und Durchmesserstufe unter Notierung ihrer Grundstärken im Walde ausgewählt. Nach dem Fällen werden sie meist nach den gewöhnlichen Verkaufsmaßen und Sortimenten aufgearbeitet. Nach Bedarf kann ihr Inhalt auch durch sektionsweise Kubierung ermittelt werden.

Dem Prinzipe des Verfahrens entsprechend müßte das Probeholz I ebenfalls den angenommenen Prozentsatz p der Bestandesmasse V darstellen und letztere nach dem Ausdrucke:

$$V = \frac{I \cdot 100}{p}$$

zu berechnen sein. Wegen der Abrundung bei Bestimmung der Probestammzahl trifft jedoch dieses Verhältnis nicht mehr ganz genau zu und wird statt des Quotienten $\frac{100}{p}$ nach Draudts Vorschlag jener: $\frac{\text{Kreisflächensumme des Bestandes}}{\text{Kreisflächensumme der Probestämme}}$ eingeführt, und durch Multiplikation des letzteren mit der Masse des Probeholzes die Bestandesmasse gefunden.

Sind die Probestämme nach Sortimenten aufgearbeitet worden, so bekommt man hierdurch auch ein Bild von der Verteilung der Bestandesmasse nach diesen Sortimenten; der zu erwartende Anfall hieran wird berechnet durch Multiplikation der Einzelbeträge, welche sich bei der Aufarbeitung ergeben haben, mit diesem Quotienten:

$$\frac{\text{Kreisflächensumme des Bestandes}}{\text{Kreisflächensumme der Probestämme.}}$$

### Theoretische Begründung des Draudt'schen Verfahrens.

Wenn n die Zahl der in einer Stärkestufe vorhandenen Stämme und $\nu$ jene der aus derselben zu entnehmenden Probestämme, $v = i$ und $\gamma$ die Masse bezw. Kreisfläche je eines Stammes darstellen so hat man

$$n_1 : \nu_1 = n_2 : \nu_2 = 100 : p.$$

Die Bestandesmasse $V = v_1 n_1 + v_2 n_2 + v_3 n_3 + \ldots$

$$= v_1 \frac{n_1}{\nu_1} \nu_1 + v_2 \frac{n_2}{\nu_2} \nu_2 + v_3 \frac{n_3}{\nu_3} \nu_3 + \ldots$$

Da aber $\frac{n_1}{\nu_1} = \frac{n_2}{\nu_2} = \frac{n_3}{\nu_3} = \frac{100}{p},$

so ist $V = (i_1 \nu_1 + i_2 \nu_2 + i_3 \nu_3) \frac{100}{p}$ 1)

Die Kreisflächensumme des Bestandes

$G = \gamma_1 n_1 + \gamma_2 n_2 + \gamma_3 n_3 + \ldots$ 2)

Die Kreisflächensumme der Probestämme

$$\Gamma = \gamma_1 \nu_1 + \gamma_2 \nu_2 + \gamma_3 \nu_3 + \ldots$$

Da $\frac{n}{\nu} = \frac{100}{p},$

so ist auch $$v = \frac{p}{100} n$$

und $$\Gamma = \frac{p}{100} (\gamma_1 n_1 + \gamma_2 n_2 + \gamma_3 n_3 + \ldots)$$

oder nach 2) $$\Gamma = \frac{p}{100} G$$

hieraus folgt $$\frac{G}{\Gamma} = \frac{100}{p}$$

setzt man $\frac{G}{\Gamma}$ für $\frac{100}{p}$ in Gleichung 1) ein, so erhält man:

$$V = (i_1 v_1 + i_2 v_2 + i_3 v_3 + \ldots) \frac{G}{\Gamma}.$$

Bei der Auswahl der Probestämme braucht man sich auch nicht allzu ängstlich an die berechneten Durchmesser zu halten, sondern es sind kleine Abweichungen zulässig, da sich bei der größeren Anzahl von Probestämmen diese Fehler so ziemlich ausgleichen und das Verhältnis $\frac{(i_1 v_1 + i_2 v_2 + i_3 v_3 + \ldots)}{\Gamma}$ trotzdem nahezu gleich bleibt, weil bei einem nicht ganz richtig ausgewählten Stamme $v$ und $\gamma$ sich im gleichen Verhältnis ändern werden. Man hat nur darauf zu sehen, daß $\Gamma$ möglichst genau $= G \cdot 0{,}0p$ wird, weil dann die zu starken Durchmesser von schwächeren wieder ausgeglichen werden.

Die Vorzüge des Draudtschen Verfahrens bestehen einerseits in dem hohen Grade von Genauigkeit, mit welchem die Bestandesmasse berechnet wird, und andererseits in seiner Einfachheit sowie in der Möglichkeit, die Probestämme gemeinschaftlich aufarbeiten sowie aus der sich hierbei ergebenden Verteilung nach Sortimenten einen Schluß auf den zu erwartenden Gesamtanfall an letzteren ziehen zu können.

Als Schattenseiten dieses Verfahrens sind hervorzuheben, daß bei der Multiplikation der Stammzahlen mit 0,0p Bruchteile entstehen, welche teils vernachlässigt, teils voll gerechnet werden, sowie daß bei geringer Stammzahl oft mehrere Stärkestufen gar keine Vertretung finden und ein auf mehrere derselben entfallender Probestamm ziemlich willkürlich zugeteilt werden muß.

**Draudt'sches Verfahren.** Oberförsterei: Wirthy.
Jagen: 132. Holzart: Kiefer.

| Der Stämme: Durchmesser | Der Stämme: Anzahl | Der Stämme: Kreisfläche | Stammzahl mal 0,011 | Der Probestämme: Durchmesser | Der Probestämme: Anzahl | Der Probestämme: Kreisfläche qm soll | Der Probestämme: Kreisfläche qm ist | Durchmesser der ausgewählten Probestämme |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| cm | | qm | | cm | | soll | ist | cm |
| 15 | 76 | 1,343 | 0,84 | 15 | 1 | 0,018 | 0,017 | 14,8 |
| 20 | 372 | 11,687 | 4,09 | 20 | 4 | 0,126 | 0,127 | 19,0, 20,5, 20,0, 20,8 |
| 25 | 576 | 28,275 | 6,34 | 25 | 6 | 0,295 | 0,319 | 24,0, 25,3, 25,5, 23,8, 25,1, 26,5 |
| 30 | 308 | 21,771 | 3,39 | 30 | 3 | 0,212 | 0,216 | 29,6, 31,0, 30,2 |
| 35 | 832 | 80,048 | 9,15 | 35 | 9 | 0,866 | 0,883 | 33,5, 36,0, 35,2, 35,8, 37,0 35,6, 34,4, 34,3, 36,2 |
| 40 | 300 | 37,699 | 3,30 | 40 | 3 | 0,377 | 0,379 | 39,5, 41,0, 39,8 |
| 45 | 132 | 20,993 | 1,45 | 45 | 2 | 0,318 | 0,320 | 44,2, 46,0 |
| 50 | 48 | 9,425 | 0,53 | 50 | 1 | 0,196 | 0,185 | 48,6 |
| | 2644 | 211,241 | | | 29 | 2,408 | 2,446 | |

Wenn etwa 30 Probestämme gefällt werden sollen, so berechnet sich folgender Prozentsatz:

$$2644 : 30 = 100 : p$$
$$p = 1{,}13\,\%$$

Bei Abrundung auf 1,1% ergeben sich 29 Probestämme.

Die Gesamtmasse des Probeholzes war: 30,90 fm.

Die Bestandesmasse ist demnach

$$= \frac{211{,}241}{2{,}446} \cdot 30{,}90 = 86{,}36 \cdot 30{,}90 = 2668{,}52 \text{ fm.}$$

Bei der Aufarbeitung des Probeholzes hat sich folgende Verteilung nach Sortimenten ergeben: 8,60 fm Stammholz II. Kl., 12,40 fm III. Kl., 5,26 fm IV. Kl., 4,53 rm Kloben, 2,10 rm Knüppel.

Der Gesamtentfall wird sich daher wie folgt nach Sortimenten verteilen:

| | | |
|---|---|---|
| Stammholz II. Klasse | 8,60 · 86,36 = | 742,70 fm |
| „ III. „ | 12,40 · 86,36 = | 1070,86 „ |
| „ IV. „ | 5,26 · 86,36 = | 454,25 „ |
| Kloben | 4,53 · 86,36 = | 391,21 rm |
| Knüppel | 2,10 · 86,36 = | 181,36 „ |

Die erwähnten Bedenken kommen nur bei kleinen Beständen mit weiterauseinanderliegenden Stärkestufen oder bei Probeflächen in Betracht, allein auch hier werden mit dem Draudtschen Verfahren, wie durch Versuche nachgewiesen worden ist, sehr gute Resultate erzielt.

## § 41. Verfahren von Urich*).

Dieses geht von demselben Gedanken aus wie das Draudtsche, sucht aber den kleinen Fehler, welcher durch die Abrundung der bei der Multiplikation mit 0,0p entstandenen Bruchteile veranlaßt wird, dadurch zu umgehen, daß ein Probestamm je für die gleiche Stammzahl entnommen wird.

Bei dem Urichschen Verfahren werden die Stämme des Bestandes nach der Reihenfolge der Stärkestufen Klassen von gleicher Stammzahl zugewiesen, wobei nach Bedarf auch einzelne Stärkestufen zerteilt werden. Für jede dieser Klassen wird der mittlere Modellstamm berechnet.

Im übrigen stimmt das Verfahren ganz mit jenem von Draudt überein. Auch hier ist eine gemeinsame Aufarbeitung des Probeholzes statthaft und wird die Bestandesmasse ebenso wie ihre Verteilung nach Sortimenten berechnet durch Multiplikation der Masse des gesamten Probeholzes bezw. des betreffenden Sortimentes mit dem Quotienten: $\frac{\text{Kreisflächensumme des Bestandes}}{\text{Kreisflächensumme der Probestämme}}$.

Bezüglich der Zahl der Klassen bestehen keine bestimmten Vorschriften, doch wird man deren nicht zu wenige (jedenfalls nicht weniger als drei) bilden dürfen, um den bei Besprechung des mittleren Modellstammes erwähnten Mißstand zu vermeiden, daß die mit der mittleren Kreisfläche versehenen Stämme nicht auch den mittleren Inhalt der betreffenden Gruppe besitzen. Eine zu große Anzahl von Gruppen erschwert das Verfahren, indem zu oft eine Teilung von Stärkestufen notwendig wird und für jede Gruppe der Modellstamm berechnet werden muß.

Am gebräuchlichsten ist die Zerlegung in fünf Klassen.

Ebenso wie beim Verfahren des mittleren Modellstammes, so ist auch hier der berechnete Probestamm aus bekannten Gründen in einer, für jede Klasse sich gleichbleibenden, Mehrzahl von Exemplaren zu fällen. Die Erfahrung hat gezeigt, daß die Richtigkeit der Resultate durch ungenügende Probestammfällung sehr beeinträchtigt wird; unter zwei Stämmen pro Klasse wird man nur ausnahmsweise herunter gehen dürfen, besser ist es deren drei bis fünf (bei schwächen Beständen noch mehr) zu nehmen.

*) Allgem. Forst- und Jagd-Zeitung 1862, p. 77.

**Verfahren nach Kraft.** Oberförsterei: Buchwerder.

Jagen: 88. Holzart: Kiefer.

| Der Stämme: Durchmesser in 1,3 m (cm) | Der Stämme: Anzahl |
|---|---|
| 15 | 76 |
| 18 | 372 |
| 21 | 576 |
| 24 | 808 |
| 27 | 832 |
| 30 | 908 |
| 33 | 600 |
| 36 | 300 |
| 39 | 132 |
| 42 | 48 |
| 45 | 24 |
| | 4676 |

| Der Klassen: Nummer | Der Klassen: Stärkestufe cm | Der Klassen: Stammzahl im einzeln | Der Klassen: Stammzahl im ganzen | Der Klassen: Kreisflächensumme im einzeln qm | Der Klassen: Kreisflächensumme im ganzen qm | Des Klassen-Probestammes: Kreisfläche qm | Des Klassen-Probestammes: Durchmesser cm | Der gewählten Probestämme: Nummer | Der gewählten Probestämme: Durchmesser cm | Der gewählten Probestämme: Kreisfläche im einzeln qm | Der gewählten Probestämme: Kreisfläche pro Klasse qm | Berechnete Kreisfläche der Probestämme qm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 15 | 76 | | 1,343 | | | | 1 | 19,0 | 0,0284 | | |
| I. | 18 | 372 | 936 | 9,466 | 27,711 | 0,0296 | 19,4 | 2 | 18,5 | 0,0269 | 0,0867 | 0,0888 |
| | 21 | 488 | | 16,902 | | | | 3 | 20,0 | 0,0314 | | |
| | 21 | 88 | | 3,048 | | | | 4 | 24,0 | 0,0452 | | |
| II. | 24 | 808 | 935 | 36,553 | 41,834 | 0,0447 | 23,8 | 5 | 23,5 | 0,0434 | 0,1284 | 0,1341 |
| | 27 | 39 | | 2,233 | | | | 6 | 22,5 | 0,0398 | | |
| | | | | | | | | 7 | 26,0 | 0,0531 | | |
| III. | 27 | 793 | 935 | 45,404 | 55,442 | 0,0593 | 27,5 | 8 | 29,0 | 0,0661 | 0,1765 | 0,1779 |
| | 30 | 142 | | 10,038 | | | | 9 | 27,0 | 0,0573 | | |
| | | | | | | | | 10 | 30,1 | 0,0712 | | |
| IV. | 30 | 766 | 935 | 54,145 | 68,600 | 0,0734 | 30,6 | 11 | 29,2 | 0,0670 | 0,2237 | 0,2202 |
| | 33 | 169 | | 14,455 | | | | 12 | 33,0 | 0,0855 | | |
| | 33 | 431 | | 37,863 | | | | | | | | |
| | 36 | 300 | | 30,536 | | | | 13 | 35,0 | 0,0962 | | |
| V. | 39 | 132 | 935 | 15,769 | 93,635 | 0,1001 | 35,7 | 14 | 38,0 | 0,1134 | 0,3042 | 0,3003 |
| | 42 | 48 | | 6,650 | | | | 15 | 34,7 | 0,0946 | | |
| | 45 | 24 | | 3,817 | | | | | | | | |
| | | | 4676 | | 287,222 | | | | | | 0,9195 | 0,9213 |

Die Aufarbeitung der Probestämme hat ergeben: 4,08 fm Derbholz.
Die gesamte Derbholzmasse ist demnach:

$$\frac{287,222}{0,9195} \cdot 4,08 = 1274,46 \text{ fm.}$$

Die genaue Einhaltung der berechneten Durchmesser bei Auswahl der Probestämme ist auch hier nicht erforderlich, wenn nur die Summe ihrer Grundflächen dem berechneten Soll möglichst nahe kommt.

### Theoretische Begründung des Urich'schen Verfahrens.

Da die Zahl der Stämme für alle Klassen gleich ist, findet man:

$$V = i_1 N + i_2 N + i_3 N + \ldots = N (i_1 + i_2 + i_3 + \ldots)$$

oder

$$V = \frac{N}{\nu} (i_1 \nu + i_2 \nu + i_3 \nu + \ldots) \qquad 1)$$

Ferner ist

$$G_1 = \gamma_1 N \text{ und } \Gamma_1 = \gamma_1 \nu$$
$$G_2 = \gamma_2 N \qquad \Gamma_2 = \gamma_2 \nu$$
$$G_3 = \gamma_3 N \qquad \Gamma_3 = \gamma_3 \nu.$$

Hieraus folgt

$$\frac{G_1}{\Gamma_1} = \frac{\gamma_1 N}{\gamma_1 \nu}$$
$$\frac{G_2}{\Gamma_2} = \frac{\gamma_2 N}{\gamma_2 \nu}$$
$$\frac{G_3}{\Gamma_3} = \frac{\gamma_3 N}{\gamma_3 \nu}$$

Demnach ist $G_1 = \Gamma_1 \frac{N}{\nu}, \; G_2 = \Gamma_2 \frac{N}{\nu} \ldots .$ 2)

Da $G_1 + G_2 + G_3 = G = \frac{N}{\nu} (\Gamma_1 + \Gamma_2 + \Gamma_3) = \frac{N}{\nu} \Gamma$

so folgt

$$\frac{N}{\nu} = \frac{G}{\Gamma} \qquad 3)$$

Setzt man $\frac{G}{\Gamma}$ für $\frac{N}{\nu}$ in Gleichung 1 ein, so erhält man auch hier:

$$V = (i_1 \nu + i_2 \nu + i_3 \nu + \ldots) \frac{G}{\Gamma}.$$

Für die praktische Anwendung ist es störend, daß das Urich'sche Verfahren das Aufschlagen der Kreisfläche notwendig macht, ehe die Probestämme ausgewählt werden können, was die Arbeit im Walde verzögert und erschwert.

Baur empfiehlt deshalb: Man bilde Stammzahlgruppen nach Urich, unterlasse aber die Berechnung der Kreisflächen für jede Gruppe, sowie jene der Flächen der Modellstämme, sondern wähle vielmehr in jeder Stammgruppe den Probestamm einfach in der Stärkestufe aus, welche am zahlreichsten vertreten ist.

Da aber bei dieser Methode der Probestamm in den schwächsten und stärksten Gruppen, in welchen stets eine größere Zahl von

Stärkestufen vereinigt ist, nicht selten in eine offenbar unpassende Stufe fällt, so gibt die von Urich selbst später vorgeschlagene Modifikation seines Verfahrens, nach welcher der Taxator die Stärke des Mittelstammes lediglich durch Einschätzung je nach der Verteilung der Stammzahlen auf die Stärkestufen bestimmen soll, noch etwas bessere Resultate.

### § 42. Verfahren von Robert Hartig*).

Gegen die Verfahren von Draudt und Urich läßt sich der (von R. Hartig gemachte) Einwand erheben, daß beide von der Stammzahl und nicht von der Masse ausgehen. Da für die stärkeren, mehr Masse enthaltenden Klassen nicht auch eine größere Anzahl von Probestämmen gefällt wird, so wendet man den ersteren verhältnismäßig weniger Sorgfalt zu als den geringeren. Abweichungen bei der Auswahl der Probestämme machen sich deshalb dort in Bezug auf die Bestandesmasse bemerkbarer als hier.

Diese Fehlerquellen lassen sich vermeiden, wenn beim Draudtschen und Urichschen Verfahren soviele Probestämme gefällt werden, daß jedenfalls auch in den stärksten Klassen der erforderliche Grad von Genauigkeit erreicht wird.

Einen anderen Weg hat zu diesem Behufe R. Hartig eingeschlagen, indem er nicht von der Stammzahl, sondern von der Stammgrundfläche, als dem Repräsentanten der Masse, ausgeht, Klassen von gleicher Stammgrundfläche bildet, welche deshalb auch annähernd gleiche Masse haben, und für jede dieser Klassen dann die gleiche Zahl von Probestämmen auswählt.

Durch Division der Bestandeskreisflächensumme mit der Anzahl der zu bildenden Klassen erhält man den auf jede einzelne entfallenden Kreisflächenbetrag $G'$; man faßt nun, von den schwächsten Stärkestufen beginnend, so viele Stämme zusammen, bis die ihnen entsprechende Kreisfläche ganz oder nahezu gleich $G'$ ist. Bei der Division von $G'$ durch die Anzahl der zugehörigen Stämme erhält man die mittlere Kreisfläche des für jede Klasse zu fällenden Probestammes.

*) R. Hartig, Die Rentabilität der Fichtennutzholz- und Buchenbrennholzwirtschaft im Harz und im Wesergebirge, Stuttgart 1868.

**G. Hartig's Verfahren.**

Jagen: 18.

Oberförsterei: Suhl.

Holzart: Fichte.

| Der Stämme | | | Der Gruppen | | | | | | Der Probestämme | | | Derbholz-Masse |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Durchmesser in 1,3 m über dem Boden | Anzahl | Kreisfläche | Nummer | Stärkestufe | Stammzahl im einzeln | Stammzahl im ganzen | Kreisflächensumme im einzeln | Kreisflächensumme im ganzen | Nummer | mittlere Kreisfläche | Durchmesser | |
| cm | | qm | | cm | | | qm | qm | | qcm | cm | fm |
| 30 | 18 | 1,272 | I. | 30 | 18 | 79 | 1,272 | 7,160 | 1 | 906 | 34,0 | 0,979 |
| 33 | 23 | 1,967 | | 33 | 23 | | 1,967 | | | | | |
| 36 | 35 | 3,563 | | 36 | 35 | | 3,563 | | | | | |
| 39 | 39 | 4,659 | | 39 | 3 | | 0,358 | | | | | |
| 42 | 42 | 5,819 | II. | 39 | 36 | 57 | 4,301 | 7,210 | 2 | 1265 | 40,1 | 1,483 |
| 45 | 43 | 6,839 | | 42 | 21 | | 2,909 | | | | | |
| 48 | 28 | 5,067 | III. | 42 | 21 | 48 | 2,909 | 7,203 | 3 | 1501 | 43,7 | 1,886 |
| 51 | 16 | 3,269 | | 45 | 27 | | 4,294 | | | | | |
| 54 | 8 | 1,832 | IV. | 45 | 16 | 42 | 2,545 | 7,250 | 4 | 1726 | 46,9 | 2,111 |
| 57 | 6 | 1,531 | | 48 | 26 | | 4,705 | | | | | |
| | 258 | 35,818 | | 48 | 2 | 32 | 0,362 | 6,994 | 5 | 2186 | 52,8 | 2,695 |
| | | | | 51 | 16 | | 3,269 | | | | | |
| | | | | 54 | 8 | | 1,832 | | | | | |
| | | | | 57 | 6 | | 1,531 | | | | | |
| | | | | | | 258 | | 35,817 | | | | |

Bei Bildung von 5 Klassen treffen auf jede:

$$\frac{35{,}818}{5} = 7{,}163$$

**Berechnung der Derbholzmasse:**

$$\text{Klasse I: } \frac{7{,}160}{0{,}0906} \cdot 0{,}979 = 77{,}37 \text{ fm}$$

$$\text{„ II: } \frac{7{,}210}{0{,}1265} \cdot 1{,}483 = 84{,}53 \text{ „}$$

$$\text{„ III: } \frac{7{,}203}{0{,}1501} \cdot 1{,}886 = 90{,}51 \text{ „}$$

$$\text{„ IV: } \frac{7{,}250}{0{,}1726} \cdot 2{,}111 = 88{,}67 \text{ „}$$

$$\text{„ V: } \frac{6{,}994}{0{,}2186} \cdot 2{,}695 = 86{,}22 \text{ „}$$

Sa.: 427,30 fm

**Theoretische Begründung des Hartig'schen Verfahrens.**

Es wird angenommen, daß die Kreisflächensummen der einzelnen Klassen, $G_1$, $G_2$, $G_3$ einander gleich seien.

Die Kreisflächen der Probestämme $\Gamma_1$, $\Gamma_2$, $\Gamma_3$, der einzelnen Klassen sind:

$$\frac{G_1}{N_1} = \Gamma_1; \frac{G_2}{N_2} = \Gamma_2; \frac{G_3}{N_3} = \Gamma_3$$

Hieraus folgt: $\frac{G_1}{\Gamma_1} = N_1; \frac{G_2}{\Gamma_2} = N_2; \frac{G_3}{\Gamma_3} = N_3.$

Da $V = v_1N_1 + v_2N_2 + v_3N_3$, so ist, wenn man für N die vorstehenden Ausdrücke einsetzt:

$$V = v_1 \frac{G_1}{\Gamma_1} + v_2 \frac{G_2}{\Gamma_2} + v_3 \frac{G_3}{\Gamma_3} + \ldots$$

Hier sind $\frac{G_1}{\Gamma_1}$, $\frac{G_2}{\Gamma_2}$, $\frac{G_3}{\Gamma_3}$ einander nicht gleich, eine gemeinschaftliche Aufarbeitung des Probeholzes ist daher nicht statthaft, sondern die Massen der einzelnen Klassen müssen gesondert berechnet werden.

Aus diesem Grunde, sowie wegen der etwas komplizierten Art der Klassenbildung hat sich dieses Verfahren keinen Eingang in die Praxis zu verschaffen vermocht, obwohl sein Genauigkeitsgrad bei gleicher Probestammzahl aus dem eingangs angegebenen Grunde etwas größer ist, als jene der Methoden von Draudt und Urich. Besondere Bedeutung besitzt es aber für wissenschaftliche Untersuchungen, welche aus irgend welchen Gründen auf eine geringe Anzahl von Stämmen beschränkt werden müssen.

## § 43. Massenermittelung mit beliebiger Abgrenzung der Klassen.

Während bei Draudt die Massenermittelung sich grundsätzlich an die Stärkestufen anschließt, welche für die Zwecke der Ermittelung der Bestandesgrundfläche gebildet worden sind, bei Urich und Hartig aber Klassen gleicher Stammzahlen bezw. gleicher Kreisflächen gebildet werden, gibt es auch Methoden der Massenermittelung nach Klassenmittelstämmen, für welche die Klassenbildung in ganz beliebiger Weise nach den Bestandesverhältnissen und den Zwecken der Massenermittelung erfolgen kann.

Bei den gewöhnlichen taxatorischen Arbeiten wird man der Einfachheit wegen die bei der Kluppierung vorgenommene Einteilung nach Stärkestufen mit größeren Intervallen auch für die Massen=

berechnung beibehalten. In unregelmäßigen Beständen mit sehr abweichenden Durchmessergrößen empfiehlt es sich aber auch hier mehr aufeinanderfolgende Stärkestufen zusammenzufassen, namentlich in den schwächsten und stärksten Stärkestufen, welche stets nur verhältnismäßig geringe Stammzahlen enthalten.

Es ist hierbei keineswegs notwendig, für den ganzen Bestand eine stets gleiche Anzahl von Stärkestufen zu einer Klasse zusammenzufassen, ebenso ist es auch nicht nötig in allen Klassen die gleiche Anzahl von Probestämmen zu wählen.

Bei wissenschaftlichen Arbeiten bildet man nach dem Vorschlag von Block*) öfters Klassen nach bestimmten Stammzahlen (z. B. preußische Versuchsanstalt: für die 400 stärksten Stämme pro ha Klassen zu je 100 Stämmen, für die folgenden 600 Stämme (401—1000) zu je 200 Stämmen und darüber hinaus zu je 400 Stämmen).

Bei jeder derartigen Klassenbildung muß nach dem früher Gesagten die Massenberechnung für die einzelnen Klassen gesondert erfolgen.

Man kann bei dieser Methode die Mittelstämme der einzelnen Klassen berechnen und sie im Bestande wirklich auswählen (reelle Probestämme), fällen lassen, dann hieraus die Massen der einzelnen Klassen berechnen und durch deren Summierung die Bestandesmassen finden.

Um die individuellen Schwankungen besser auszugleichen, empfiehlt es sich, namentlich bei der Bildung von nur wenig Klassen, die Mittelstämme je in einer Mehrzahl von Exemplaren zu entnehmen.

Dieses Verfahren, welches früher gelegentlich für taxatorische Arbeiten vorgeschrieben war, ist sehr umständlich. Man macht daher hiervon gegenwärtig wohl nur noch für wissenschaftliche Untersuchungen Gebrauch und benutzt zur Berechnung der Masse der Klassenmittelstämme für die Zwecke der Praxis stets die Massentafeln.

Um letztere anwenden zu können, ist es notwendig, außer dem Mitteldurchmesser der einzelnen Klassen, welche der Regel nach dem

*) Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung 1889, p. 233.

Durchmesser der Stärkestufen entsprechen werden, auch noch die Höhen der **ideellen** Klassenmittelstämme zu kennen.

Zu diesem Zwecke werden in dem Bestande die Höhen einer größeren Anzahl von Stämmen durchschnittlicher Beschaffenheit in in möglichst gleichmäßiger Verteilung durch alle Stärkestufen gehend gemessen, und diese alsdann zur Ableitung der Höhenkurven auf graphischem Wege benutzt. Es empfiehlt sich, nicht sofort sämtliche gemessenen Höhen aufzutragen, sondern zunächst die Höhen von nahe zusammenliegenden Durchmesserstufen zu rechnerischen Mittelwerten zu vereinigen, weil hierdurch das Bild übersichtlicher und die graphische Interpolation sicherer wird. Diese Mittelwerte werden als Ordinaten zu den entsprechenden mittleren Durchmessern als Abszissen aufgetragen und gestatten dann die ausgleichende Höhenkurve zu ziehen, aus welcher für beliebige Durchmesser die zugehörige Höhe abgelesen werden kann (Figur 19).

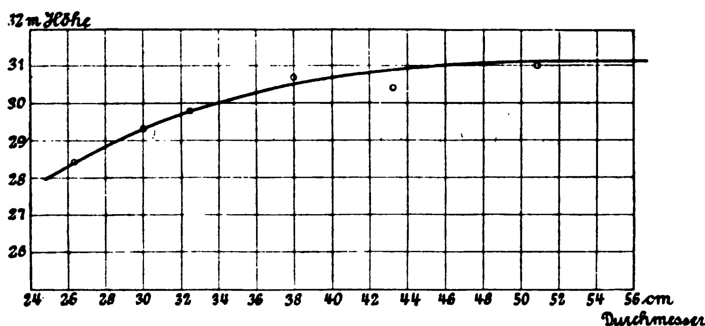



Fig. 19.

Mit Hilfe der so ermittelten Angaben und Höhen kann man aus den Massentafeln, soweit erforderlich unter Berücksichtigung des Alters, die Masse i des mittleren Probestammes jeder Klasse ablesen, die Masse der einzelnen Klassen ist dann gleich dem Produkt aus Stammzahl der Klasse mal Masse des Probestammes.

Wenn Massentafeln fehlen, Formzahlenübersichten aber vorhanden sind, so kann man die Massenberechnung auch mit ihrer Hilfe nach der Formel: $V_n = G_n \cdot H_n \cdot F_n$ durchführen.

Die Rechenarbeit ist hier sehr unbequem, weshalb man in diesem Falle die Massenberechnung nur selten nach Klassen getrennt, sondern meist in der früher (p. 77) angegebenen Weise für den ganzen Bestand in einem Zuge vornehmen wird.

**Massenberechnung mit Hilfe von Massentafeln*).**

Oberförsterei: Sonderburg. Jagen: 1. Holzart: Buche.

| Durchmesser | Stammzahl | Ergebnis der Messungen von Baumhöhen zur Bestimmung der Klassenmittelhöhen**) | | Rechnerische Mittelwerte der Durchmesser und Höhen nach Gruppen | | Interpolierte Mittelhöhe | Massenberechnung | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Durchmesser | Höhe | Durchmesser | Höhe | | Derbholzmasse des Mittelstammes | Masse der Klasse |
| cm | | cm | m | m | m | m | fm | fm |
| 25 | 80 | 26,3 | 28,0 | 26,4 | 28,4 | 28 | 0,693 | 55,44 |
| 30 | 470 | 26,6 | 28,9 | | | 29 | 1,043 | 490,21 |
| 35 | 481 | 30,1 | 28,9 | 30,1 | 29,3 | 30 | 1,481 | 712,36 |
| 40 | 365 | 31,2 | 29,6 | | | 30 | 1,945 | 709,92 |
| 45 | 147 | 31,7 | 29,6 | 22,6 | 29,8 | 31 | 2,564 | 376,08 |
| 50 | 15 | 33,6 | 30,0 | | | 31 | 3,183 | 47,74 |
| 55 | 19 | 36,9 | 30,4 | 38,6 | 30,7 | 31 | 3,881 | 73,74 |
| — | — | 39,2 | 31,0 | | | Bestandesderbholzmasse = | | 2465,49 |
| — | — | 42,8 | 30,1 | 43,4 | 30,4 | | | |
| — | — | 44,0 | 30,8 | | | | | |
| — | — | 51,0 | 31,0 | 51,0 | 31,0 | | | |

## § 44. Auswahl und Kubierung der Probestämme.

Da das Verfahren der Massenermittelung eines Bestandes mit Hilfe von Probestämmen darauf beruht, daß aus dem Inhalt einiger nach seiner der oben besprochenen Methode ausgewählten Probestämme die Masse des ganzen Bestandes berechnet wird und daher ein Schluß vom kleinen aufs große gezogen werden muß, so ist es notwendig, bei der Auswahl und Kubierung der Probestämme auf das sorgfältigste zu Werke zu gehen, indem sich sonst hierbei begangene Fehler im Resultat in vielfach vergrößertem Maßstabe wiederfinden.

---

*) Vergl. Figur 19 auf p. 94.

**) Die Messungen sind für dieses Beispiel an liegenden Stämmen vorgenommen worden.

Bei sämtlichen Methoden zur Bestimmung der Probestämme wird nur deren Durchmesser bezw. Kreisfläche in Brusthöhe ermittelt, während man die beiden übrigen massenbildenden Faktoren, Höhe und Formzahl, als Funktionen des Durchmessers betrachtet und sie deshalb als durch letzteren gegeben annimmt.

Wenn nun diese Voraussetzung auch für den Durchschnitt einer größeren Anzahl von Stämmen zutrifft, so darf doch andererseits nicht übersehen werden, daß die einzelnen Individuen Abweichungen, und zwar oft recht bedeutende, von dieser fundamentalen Annahme zeigen.

Die Auswahl der Probestämme muß deshalb nicht nur so vorgenommen werden, daß augenfällige Unrichtigkeiten vermieden werden, d. h. daß der Stamm auch die seinem Durchmesser entsprechende Höhe und Form annähernd besitzt, sondern es ist auch notwendig, eine Mehrzahl von Probestämmen auszuwählen, um durch den Mittelwert ihrer Massen die bei aller Sorgfalt unvermeidlichen kleinen Abweichungen in der Höhe und Form der einzelnen Individuen auszugleichen.

Wenn es aus irgend einem Grunde unzulässig erscheint, die berechneten Modellstämme in einer Mehrzahl von Exemplaren zu fällen, dann ist es zweckmäßiger, von der Kubierung im liegenden Zustande vollständig abzusehen, und die Masse der Modellstämme im Stehen nach Massentafeln oder Formzahlübersichten zu ermitteln, da auf diese Weise wenigstens Durchschnittswerte erhalten und die natürlichen individuellen Abweichungen vermieden werden. Es muß jedoch berücksichtigt werden, daß die Angaben der Massentafeln und Formzahlübersichten größeren Gebieten entnommen sind und deshalb mit den Wachstumsbedingungen des betreffenden Bestandes nur unvollkommen übereinstimmen, während diese bei der Kubierung einer genügend großen Anzahl von Probestämmen im liegenden Zustand vollständig zum Ausdrucke gelangen.

So vortrefflich aber die Resultate der Probestammverfahren unter dieser Voraussetzung sind, so groß sind die Fehler, welche bei Fällung einer ungenügenden Anzahl von Probestämmen unterlaufen können.

Die Zahl der auszuwählenden Modellstämme hängt ab von dem erstrebten Genauigkeitsgrade und von der Größe der aufzunehmenden Bestände.

Mit Rücksicht auf den Genauigkeitsgrad der Messung muß eine möglichst große Anzahl von Probestämmen als wünschenswert bezeichnet werden. Andererseits legen aber die Verhältnisse der Wirtschaft, namentlich die Schwierigkeit der Verwertung der Probestämme, welche bei Taxationen im ganzen Revier herumliegen, eine gewisse Beschränkung auf. Man muß daher alle sich sonst bietenden Gelegenheiten für Auswahl von Probestämmen, namentlich die gelegentlich der Forsteinrichtung häufig vorkommenden Aufhiebe von Gestellen und Weglinien sorgfältig benutzen.

Im allgemeinen pflegt die Zahl der Probestämme zwischen 2 und 5 pro Klasse zu schwanken, in jüngeren und daher stammreicheren Beständen nimmt man deren mehr als in älteren. Von der Gesamtstammzahl des ganzen Bestandes wird in älteren Beständen ein höherer Prozentsatz von Probestämmen gefällt als in jüngeren, da sich in ersteren die Fehler bei der Auswahl von Probestämmen am unangenehmsten fühlbar machen.

Je ausgedehnter die Bestände sind, und je größer demnach wegen der wechselnden Standorts- und Bestandesgüte voraussichtlich die Verschiedenheiten in der Form und Höhe bei gleichem Durchmesser sein werden, desto mehr Probestämme müssen ausgewählt werden, um ein richtiges Bild der mittleren Wachstumsverhältnisse zu erhalten. Die Probestämme sind deshalb auch aus verschiedenen Teilen des Bestandes zu entnehmen.

Am bedeutendsten werden derartige Verschiedenheiten innerhalb eines Bestandes im bergigen Terrain, wo Exposition und Höhenlage ungleich sind. Wenn die erwähnten Verschiedenheiten erheblich werden und flächenweise getrennt auftreten, dann ist es zweckmäßig, die Massenermittelung für die einzelnen Bestandespartien gesondert durchzuführen.

Die Auswahl der Probestämme muß mit großer Sorgfalt und Umsicht geschehen, namentlich wenn nur wenige Stämme gefällt werden sollen. Ihr Durchmesser hat dem berechneten möglichst

nahe zu kommen, sie sollen in Meßpunktshöhe nahezu kreisförmig sein und dürfen keine Gabel- oder andere Mißbildung zeigen.

Wenn Gabelbildungen in einem Bestande sehr häufig auftreten, wie es z. B. in manchen Buchenorten der Fall ist, dann können Stämme mit solchen Bildungen auch als Probestämme genommen werden, da diese alsdann dem durchschnittlichen Bestandescharakter entsprechen und es auch oft schwer wäre, ganz tadellose Stämme zu finden.

In der Höhe und nach der Form der Kronenbildung sollen die Probestämme dem mittleren Charakter der Durchmesserklasse oder des Bestandes entsprechen. Randbäume sind wegen der einseitig stärker entwickelten Krone und der damit zusammenhängenden abnormen Form des Querschnittes als Probestämme zu verwerfen.

Zur Kubierung ist ein möglichst genaues Verfahren anzuwenden. Das regelmäßig geformte Schaftholz und stärkere Astholz wird zweckmäßig nach mehreren nicht zu langen Sektionen bestimmt, während das Reisholz sowie das unregelmäßig geformte Ast- und Schaftholz gewogen und dessen Masse entweder nach bekannten Reduktionsfaktoren oder noch besser durch xylometrische Behandlung einer Probe ermittelt wird.

Bei dem Draudtschen und Urichschen Verfahren werden für taxatorische Arbeiten die Probestämme meist gemeinschaftlich nach den üblichen Verkaufsmaßen aufgearbeitet. Die Berechnung des Derbgehaltes des in Raummaßen aufgeschichteten Holzes geschieht alsdann unter Benutzung der früher besprochenen Reduktionsfaktoren.

Die Schwierigkeit, bei einer beschränkteren Anzahl von Probestämmen diese so auswählen zu können, daß sie den Durchschnitt der Höhen und Formzahlen, sowie damit auch der Massen darstellen, tritt namentlich bei wiederholten Aufnahmen des gleichen Bestandes innerhalb kurzer Zeiträume zur Berechnung des laufend-jährlichen Zuwachses sehr unangenehm hervor. Deshalb sind in neuerer Zeit verschiedene Vorschläge gemacht, welche darauf hinzielen, die an den gefällten Probestämmen ermittelten Abmessungen nicht unmittelbar, sondern erst nach vorheriger Ausgleichung zur Massenberechnung zu benutzen.

Der erste Vorschlag ist von Fricke gemacht und von mir zunächst in Verbindung mit ihm, dann allein zu dem seit 1890

bei der preußischen Versuchsanstalt üblichen Verfahren ausgebildet worden*).

Die Klassenbildung erfolgt hier nach Stammzahlgruppen in der oben (p. 93) angegebenen Weise. Die Probestämme werden in möglichst gleichmäßiger Verteilung über sämtliche Stärkeklassen entnommen, dienen aber nur dazu, um Angaben für Höhen und Formzahlen zu liefern. Diese werden hierauf graphisch durch Höhen- und Formzahlkurven ausgeglichen, in einzelnen Fällen, z. B. in älteren Buchenbeständen, wo die Formzahlen innerhalb desselben Bestandes sehr unregelmäßig verlaufen, wird der Durchschnitt der Formzahlen berechnet. Die Masse der einzelnen Klassen ergibt sich dann als Produkt von Stammgrundfläche mit den aus den Kurven abgelesenen Höhen und Formzahlen bezw. mit dem Durchschnitt des letzteren.

Bei Wiederholung der Aufnahmen gestatten die Messungen des Höhenzuwachses, der infolge der stammweisen Numerierung der Versuchsflächen bekannte Durchmesserzuwachs und die nach Stammanalysen festgestellte Veränderung der Formzahlen die Probestämme der früheren Aufnahmen mit den neuen zu kombinieren. Hieraus ergibt sich nicht nur eine erhebliche Vermehrung der Probestämme, sondern namentlich der Vorteil, daß nicht die möglichen Abweichungen der Probestämme zweier aufeinander folgenden Aufnahmen in entgegengesetztem Sinne liegen, wodurch die Ermittelungen des Zuwachses höchst fehlerhaft werden können.

Einen anderen Weg hat Speidel**) im Jahre 1893 bei seinem „Massenkurven-Verfahren" vorgeschlagen. Er gleicht nicht, wie ich, Höhen und Formzahlen, sondern die Massen selbst graphisch aus. Hierbei benutzt er die Ergebnisse seiner Messungen, berücksichtigt aber auch den Verlauf der sog. Massentafelkurve, welche er nach den Angaben einer Massentafel für die im betr. Bestande vertretenen Durchmesser und Höhen konstruiert.

---

*) Schwappach, Zur Methode der Massenermittelung bei forstlichen Versuchsarbeiten. Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen 1891, p. 518.

**) Speidel, Beiträge zu den Wuchsgesetzen des Hochwaldes und zur Durchforstungslehre. Tübingen 1893.

Hierher gehört endlich auch das oben geschilderte Verfahren von **Kopetzky-Gehrhardt**, bei welchem teils die Massen der Probestämme selbst teils die an ihnen ermittelten Produkte gh und gf graphisch ausgeglichen werden.

## § 45. Verfahren der Massenermittelung bei Ausscheidung von Höhenklassen.

Wenn in einem Bestande die Grenzen, innerhalb welcher bei gleichem Durchmesser die Höhen variieren, so weit sind, daß man Bedenken tragen muß, die Stärkeklassen zugleich als Höhenklassen zu betrachten, so ist zu unterscheiden, ob diese Verschiedenheiten räumlich getrennt oder in bunter Mischung durcheinander vorkommen.

Ersteres ist der Fall bei einem plötzlichen oder allmählichen Wechsel der Standortsverhältnisse (z. B. Partien mit Tonunterlage bei sonst durchlassendem Boden oder Berghänge, welche nach oben flachgründiger und trockener werden, Bestände an Gehängen mit verschiedenen Expositionen u. s. w.). Unter solchen Verhältnissen zerlegt man den Bestand wenigstens für die Zwecke der Massenermittelung in Abteilungen, innerhalb deren die Höhe als eine Funktion der Stärke betrachtet werden kann und führt die Aufnahme für jede gesondert durch.

Der zweite Fall ist im ganzen sehr selten, er findet sich u. a. in unregelmäßigen Plänterwaldungen oder in Übergangsbeständen aus dem Mittelwald in Hochwald u. s. w.

Hier ist es notwendig, bei der Kluppierung des Bestandes in der oben (p. 67) angegebenen Weise auch noch Höhenklassen auszuscheiden, wodurch gleichzeitig die Baumformen ebenfalls in engere Grenzen gebracht werden. Jede Höhenklasse wird dann als ein besonderer Bestand nach einem der früher besprochenen Verfahren behandelt. Dasselbe gilt für die Ausscheidung von Güteklassen. Bei Anwendung des **Draudt**schen oder **Urich**schen Verfahrens ist hier ebenfalls eine gemeinsame Aufarbeitung des Probeholzes statthaft, wenn in jeder Höhenklasse der gleiche Prozentsatz von Probestämmen gefällt worden ist.

### § 46. Massenermittelung nach Probeflächen.

Es ist nicht für alle Aufgaben notwendig, die Masse ganzer Bestände aufzunehmen, sondern unter verschiedenen Voraussetzungen genügt die Aufnahme des Holzmassengehaltes eines Teiles hiervon, des sogenannten Probebestandes, um aus diesem weitere Schlüsse ziehen zu können. Die dem Probebestande zu Grunde liegende Fläche heißt Probefläche.

Die Ausdrücke „Probefläche" und „Probebestand" werden indessen gewöhnlich als synonym gebraucht.

Probebestände werden zu zwei verschiedenen Zwecken aufgenommen, nämlich teils für die Ausführung wissenschaftlicher Untersuchungen, teils bei den taxatorischen Arbeiten.

Erstere erfordern einerseits einen solchen Aufwand an Arbeit, daß es nicht möglich ist, große Flächen in dieser Weise zu behandeln, andererseits setzen verschiedene Untersuchungen eine derartige Regelmäßigkeit und Gleichartigkeit der Bestände voraus, wie sie im großen niemals zu finden ist. Man beschränkt sich deshalb hierbei auf kleinere Flächen.

Die Gesichtspunkte, nach welchen Probeflächen für wissenschaftliche Untersuchungen auszuwählen sind, hängen von dem speziellen Zwecke dieser Arbeiten ab und kommen deshalb hier nicht weiter in Betracht.

Bei taxatorischen Arbeiten werden Probeflächen angewendet, um die speziellen Massenaufnahmen einzuschränken und auf diese Weise an Arbeit zu sparen. Man betrachtet hierbei die Probeflächen als ein Modell des ganzen Bestandes und schließt von ihrem Massengehalt auf jenen des letzteren.

Die Arbeitsminderung wird hauptsächlich dadurch veranlaßt, daß die Ermittelung der Kreisfläche nicht für den ganzen Bestand, sondern nur für die Probefläche vorgenommen zu werden braucht; bezüglich der Bestimmung der beiden übrigen massenbildenden Faktoren, Höhe und Formzahl, ergibt sich keine nennenswerte Ersparnis.

Bei Anwendung von Probeflächen zur Bestandesmassenermittelung ist aber zu berücksichtigen, daß die Kreisfläche jener Faktor ist, der

sich für den ganzen Bestand relativ mit der größten Genauigkeit feststellen läßt, während dieses für Höhe und Formzahl immer nur annähernd der Fall ist.

Probeflächen erscheinen demnach nur dann zulässig, wenn die Bestände so gleichmäßig sind, daß durch Beschränkung der Kreisflächenaufnahme der erstrebte Genauigkeitsgrad der Arbeit nicht leidet, und wenn es möglich ist, auf der Probefläche die mittlere Höhe und Formzahl des Bestandes richtig zu bestimmen.

Diese Voraussetzungen treffen hauptsächlich in regelmäßig bestandenen jüngeren und mittelalten Beständen zu, während alte, ungleichmäßige Bestände (Plänterwald, Licht- und Abtriebsschläge, Oberholz des Mittelwaldes), sowie solche, in welchen die Bonität mehrfach wechselt, sich hierzu nicht eignen.

Die Aufnahme nach Probeflächen ist ferner da am Platze, wo die spezielle Massenaufnahme des ganzen Bestandes mit großen Schwierigkeiten verknüpft ist, und das Holz noch einen verhältnismäßig geringen Wert besitzt, wie es z. B. im Hochgebirge häufig der Fall ist, wo ein hoher Genauigkeitsgrad auch aus dem Grunde nicht notwendig erscheint, weil doch ein nicht unbedeutender Prozentsatz der Masse bei der Bringung verloren geht.

In jenen Fällen dagegen, in welchen die Massenaufnahme auch zur Wertsbestimmung des Bestandes benutzt werden soll, wird man, wenigstens in allen älteren Beständen, die Aufnahme stets auf den ganzen Bestand ausdehnen.

Schließlich ist noch zu berücksichtigen, ob durch die Anwendung der Probeflächen eine solche Ersparung von Zeit bezw. Geld erzielt wird, daß der doch immerhin etwas geringe Genauigkeitsgrad dafür in Kauf genommen werden darf.

Wie oben bemerkt, liegt der Hauptvorzug der Aufnahme nach Probeflächen in der Einschränkung der Kluppierungsarbeit. Wie früher angegeben, können von einem Taxator mit zwei Gehilfen pro Tag ca. 6—8000 Stämme, also etwa 10—20 ha gekluppt werden. Wenn man andererseits erwägt, daß die Auswahl der Probefläche und ihre Absteckung einen nicht unerheblichen Zeitaufwand in Anspruch nimmt, so wird man kleinere Bestände von nur wenigen Hektaren Größe stets in ihrer ganzen Ausdehnung aufnehmen.

In Berücksichtigung der oben erörterten Verhältnisse wird jetzt wenigstens in Deutschland bei taxatorischen Arbeiten in der Ebene und im Mittelgebirge vorwiegend die spezielle Massenaufnahme des ganzen Bestandes angewandt, und werden die Probeflächen fast nur noch in ganz jungen Beständen (Niederwaldschlägen) oder in sehr schwierigen Terrainverhältnissen (Hochgebirge) benutzt.

§ 47. Auswahl, Absteckung und Aufnahme der Probeflächen.

Da die Probeflächen ein Modell des ganzen Bestandes darstellen sollen, so müssen sie an jenen Stellen ausgewählt werden, wo der Durchschnitt aller Verhältnisse vertreten ist. Wenn die Standortsgüte im ganzen Bestande die gleiche ist, so kommt es nur darauf an, daß der mittlere Bestockungsgrad in der Probefläche vertreten ist. Probeflächen dürfen ferner niemals an die Bestandesränder gelegt werden, weil hier die Entwickelung der Stämme eine andere ist, als im Innern. In sehr großen Beständen werden zweckmäßig mehrere Probeflächen angelegt und deren durchschnittlichen Massen der Berechnung zu Grunde gelegt.

Wenn mehrere Standortsklassen in einem Bestande vertreten sind, so müssen diese als gesonderte Bestände behandelt werden. Das ältere Verfahren, die Probeflächen in Form eines Streifens durch sämtliche Bonitäten hindurch zu legen, gibt schlechte Resultate, weil es nicht möglich ist, sie in der Probefläche nach Verhältnis ihrer Ausdehnung vertreten zu lassen. Auch dann, wenn die Standortsklassen allmählich ineinander übergehen, wie an Berghängen, ist eine Ausscheidung für die Zwecke der Massenermittelung vorzunehmen, sobald die Unterschiede in der Bestandesgüte bedeutend sind. In diesem Falle wird der Bestand nach dem Verlauf der Horizontalkurven in mehrere Abteilungen zerlegt, und für jede eine besondere Probefläche aufgenommen.

Die Probefläche soll so groß sein, daß auf ihr die Stammklassen in demselben Verhältnisse vorkommen, wie im ganzen Bestand. Je dichter und gleichmäßiger die Bestockung, desto kleiner kann die Probefläche sein. Sie müssen deshalb in älteren Beständen größer genommen werden als in jüngeren, ebenso in licht bestandenen größer als in dichten Beständen; sehr kleine Probeflächen liefern

auch deshalb ein ungenaues Ergebnis, weil bei ihnen zu viele Stämme in die Umfassungslinie fallen.

Zwischen der Größe des ganzen Bestandes und jener der Probefläche soll ein gewisses Verhältnis bestehen und dieses in haubaren Beständen nur ausnahmsweise unter 5 % des Ganzen herabgehen. Als Minimalgröße dürften 0,1 ha in ganz jungen, 0,5 ha in mittelalten und 1,0 ha in haubaren Beständen zu betrachten sein.

Als Form der Probefläche wird eine Figur gewählt, bei welcher der Umfang im Verhältnis zum Inhalt tunlichst gering ist, weil alsdann möglichst wenig Stämme auf die Umfassungslinien fallen. Im Wald kann aus nahe liegenden Gründen deshalb nur das Quadrat oder ein diesem möglichst nahe kommendes Rechteck angewendet werden. Das Abstecken der Probeflächen geschieht mittels der Winkeltrommel oder des Winkelspiegels und eines guten Meßbandes. Die Eckpunkte der Fläche werden bei der Aufnahme durch Signalstangen markiert und die Grenzen an den außerhalb stehenden Bäumen durch Anplätten oder mittels Kreide in der Richtung gegen die Probefläche bezeichnet.

Soll die Probefläche länger beobachtet werden, z. B. als Vergleichsfläche für andere Aufnahmen, so müssen die Eckpunkte durch Einschlagen starker Pflöcke gesichert werden. Handelt es sich um solche Probeflächen, welche wiederholt nach Verlauf längerer Zeit aufgenommen werden sollen (Versuchsflächen), so muß die Bezeichnung der Grenzen noch dauerhafter sein. Die Eckpunkte werden alsdann wenn möglich versteint oder durch Grenzhügel kenntlich gemacht und die Grenzlinien durch Zwischengräben markiert. Außerdem werden nunmehr fast durchweg die Stämme der ständigen Probestämme, soweit irgend tunlich, fortlaufend numeriert, ebenso müssen die Meßpunkte, wie bereits früher bemerkt, durch Ölfarbenkreuze festgelegt sein.

Die Ermittelung der Massen auf den Probeflächen erfolgt nach einem der früher besprochenen Verfahren. Da es sich hier um einen Schluß vom kleinen ins große handelt, so wird man stets eine möglichst genaue Methode, am besten jene von Draudt, Urich oder Hartig mit Fällung von Probestämmen anwenden.

Wenn die Probefläche wiederholt aufgenommen werden soll, dürfen die Probestämme natürlich nicht aus dieser selbst, sondern müssen aus ihrer Umgebung entnommen werden.

Da die Massenaufnahme nach Probestämmen bei ganz jungen Beständen (namentlich in Niederwaldschlägen) nur sehr schwierig ausführbar ist, wendet man bei diesen gewöhnlich die Methode des Kahlabtriebes an, d. h. eine kleine Fläche von 5—10 a wird vollständig abgetrieben und die darauf stockende Masse in der bekannten Weise durch Wägung in Verbindung mit probeweiser Wasserkubierung ermittelt.

Bisweilen bieten die bei den forsttaxatorischen Arbeiten vorkommenden Aufhiebe von Gestellen und Wegen Gelegenheit, die Masse von Probeflächen auch in älteren Beständen mittels Kahlabtriebes (hier natürlich durch Aufarbeitung nach den Verkaufsmaßen oder durch Kubierung der einzelnen Stämme) zu ermitteln. Es ist aber darauf zu achten, daß hier nur Holz in Betracht kommt, welches wirklich auf der betr. Fläche stockte, und daß der Flächeninhalt richtig bestimmt wird. Erfahrungsgemäß werden gerade in letzterer Richtung häufig recht erhebliche Fehler gemacht, weil die Länge der Umfassungslinien und damit auch die Zahl der hierauf stockenden Stämme im Verhältnis zum Inhalt derartiger Probeflächen sehr groß wird.

Kurz ist noch des Probeflächenverfahrens von Zetzsche*) zu gedenken. Dieser schlägt wegen der Schwierigkeiten, mit denen die Auswahl und Absteckung der üblichen Probeflächen verbunden ist, vor, möglichst viele, aber kleine Probeflächen aufzunehmen, deren Aufsuchen und Auswahl keinen Zeitverlust verursacht.

Zu diesem Zwecke soll der Taxator mit einem leichten, etwa 2,5 m langen Stocke bewaffnet den Bestand durchwandern und in möglichst gleichen Abständen von 25—50 Schritt Probeflächen in Kreisform mit Hilfe dieses Stockes abstecken. Dieses geschieht dadurch, daß der Taxator von seinem Standpunkt aus einen Kreis von bestimmtem Radius, folglich auch bekanntem Flächeninhalt beschreibt; während des Bezeichnens des Kreisumfanges findet

*) Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung 1891, p. 73.

gleichzeitig die Aufnahme der Durchmesser aller auf der Fläche vorhandenen Stämme statt.

Eine Kreisfläche von 25 qm hat 2,82 m Radius, die Entfernung von der Mitte der Brust bis zur Hand beträgt bei wagerecht ausgestrecktem Arm für mittelgroße Menschen 0,80 m, um einen Radius von 2,82 m beschreiben zu können, braucht man also einen ohne Handgriff 2 m langen Stock. 100 derartige Probekreise entsprechen einer Probefläche von 0,25 ha.

In jedem fünften Kreise sollen auch einige Höhen gemessen werden.

Im günstigsten Falle kann man an einem Tage 800 derartige Kreisprobeflächen aufnehmen.

Wenn die Auswahl der Kreise systematisch richtig erfolgt, so soll das Verfahren sehr gute Resultate liefern.

Wenn f die Größe der Probefläche, v die hierauf stockende Holzmasse, F und V die Fläche und Masse des ganzen Bestandes bezeichnen, so findet man V aus der Proportion:

$$v : V = f : F,$$

$$V = v \frac{F}{f}.$$

## § 48. Über den Genauigkeitsgrad und die Anwendung der verschiedenen Methoden der Massenermittelung.

Hinsichtlich des Genauigkeitsgrades, welcher sich bei Anwendung der verschiedenen Methoden der Massenermittelung erreichen läßt, sind mehrfache Untersuchungen angestellt worden, in neuester Zeit von Flury*) und Boehmerle**).

Die Grenzen der Fehlerprozente, gegenüber den Ergebnissen des Kahlabtriebes mit sektionsweiser Kubierung, sind für die Ermittelung des Derbholzes nach diesen Untersuchungen bei:

*) Flury, Ergebnisse aus Kahlschlägen, Mitteilungen der Schweizerischen Zentralanstalt für das forstliche Versuchswesen, VI. Band 1898, p. 92.

**) Boehmerle, Versuche über Bestandesmassenaufnahmen. Zentralblatt für das gesamte Forstwesen 1898, p. 337 ff.

| | Boehmerle: | | Flury: | |
|---|---|---|---|---|
| Mittelstamm . . . . . . | + 3,7 | — 0,8 | + 22,1 | — 15,8 |
| Probestammklassen mit beliebiger Abgrenzung . | + 1,6 | + 0,6 | — | — |
| Draudt, mit 10% Probestämme . . . . . | + 2,7 | — 1,6 | — | — |
| Draudt, mit 15% Probestämme . . . . . | + 0,3 | — 3,8 | — | — |
| Urich, mit 5 Stammklassen à 3 Probestämme . . | + 4,2 | — 3,6 | + 12,6 | — 5,8 |
| Robert Hartig . . . | + 2,6 | — 2,7 | + 8,2 | — 3,0 |
| Massenkurven . . . . . . | + 5,1*) | — 0,2*) | — | — |
| Massentafeln, bayrische . . | — | — | + 10,0 | — 3,5 |
| Massent. d. forstl. Vers.-Anst. | + 3,2 | — 6,9 | + 12,3 | — 2,3 |
| Formhöhe . . . . . . | + 4,7 | — | + 19,0 | — 4,1 |
| Probefläche zu 0,4 ha Größe | + 18,5 | — 0,8 | — | — |

Zu berücksichtigen ist in vorstehender Zusammenstellung der Umstand, daß bei Flury die Fehlergrenzen durchweg erheblich weiter sind, als bei Boehmerle, was wohl hauptsächlich durch die weniger regelmäßige Beschaffenheit der von ersterem untersuchten Bestände veranlaßt sein dürfte.

Bemerkenswert erscheint dann vor allem das auffallend schlechte Ergebnis, welches die Probeflächen in der Versuchsreihe von Boehmerle geliefert haben, dieses spricht jedenfalls sehr zu Ungunsten dieser Methode.

Das Verfahren des Bestandesmittelstammes muß trotz der günstigen Erfahrungen von Boehmerle mit Rücksicht auf die mangelhaften Ergebnisse anderweitiger Untersuchungen als wenig empfehlenswert bezeichnet werden.

Die Unterschiede zwischen den Ergebnissen der übrigen Verfahren sind innerhalb jeder der beiden Versuchsreihen unbedeutend und können keinenfalls einen entschiedenen Ausschlag zu Gunsten des einen oder anderen Verfahrens geben. Persönliche Vorliebe und die sonstigen Verhältnisse werden daher stets die Wahl bestimmen.

---

*) Baummasse.

**Zu beachten bleibt ferner der Umstand, daß die Ergebnisse der Massentafeln hinter jenen der Probestämme keineswegs zurückstehen.**

**Im allgemeinen scheinen fast alle Verfahren etwas zu hohe Resultate zu liefern, was bei den Probestammverfahren wohl darauf zurückzuführen ist, daß man unwillkürlich stets die besseren Stämme bei der Auswahl bevorzugt.**

Die Ergebnisse der wirklichen Aufarbeitung und Aufmessung nach den in der Praxis üblichen Verfahren stimmen jedoch nur ausnahmsweise mit jenen der Massenermittelung nach den geschilderten Methoden überein, sondern bleiben der Regel nach nicht unerheblich hinter letzterer zurück. Der Unterschied kann im Durchschnitt zu 10% angenommen werden und beträgt nach den Ermittelungen von Flury (a. a. O.) bei Fichten- und Tannen-Beständen 7—11%, bei Kiefer und Buche 12—15%.

Die Ursache dieser Differenz liegt aber nicht an der Unzulänglichkeit der Methoden der Massenermittelung stehender Bestände, wie ja auch durch den Vergleich mit den Ergebnissen sektionsweiser genauerer Vermessung nach dem Kahlabtrieb bewiesen ist, sondern in den Verhältnissen des Betriebes. Als die wichtigsten Gründe der Abweichung sind zu erwähnen: Abrundung der Durchmesser auf volle Zentimeter unter Vernachlässigung der überschießenden Bruchteile, Abgrenzung von Derbholz und Reisig nach den örtlichen Verkaufssortimenten, nicht genau nach der Grenze von 7 cm, Berechnung der Derbholzmasse des in Raummaßen aufgeschichteten Holzes nach durchschnittlichen Reduktionszahlen, welche von dem wirklichen Inhalt stets mehr oder weniger abweichen, Kubierung des Nutzholzes nach Länge und Mittenstärke, abweichende Bemessung der Stockhöhe, Rindenverlust, Verlust durch Hauspähne, Feierabendholz und sonstige Verhältnisse.

Bezüglich der Anwendung der verschiedenen Methoden der Massenermittelung läßt sich zusammenfassend folgendes bemerken:

In den meist regelmäßigen Beständen Mitteleuropas tritt für die gewöhnlichen taxatorischen Arbeiten die Massenermittelung unter Benutzung gefällter Probestämme immer mehr zurück, da durch die Arbeiten der forstlichen Versuchsanstalten Massentafeln und Bestandes-

formzahlen für die wichtigsten Holzarten auf Grund sorgfältiger Erhebungen geliefert worden sind und gleichzeitig auch die nun in allen größeren Forsthaushalten eingeführte, geordnete Buchführung durch die tatsächlichen Hiebsergebnisse der abgetriebenen Bestände und Durchforstungen wertvolles Material für die Schätzung der gleichwertigen stehenden Bestände und zu erwartenden Zwischennutzungen liefert.

Die Berechnung unter Anwendung der Bestandesformzahlen oder der Massentafeln, sowie Schätzung unter Anlehnung an die bisherigen Hiebsergebnisse sind die gebräuchlichsten Methoden der Massermittelung, welche umsomehr als zulässig und zweckmäßig anerkannt werden müssen, als die in kurzen Zwischenräumen wiederkehrenden Taxations-Revisionen genügende Sicherheit gegen schädliche Einflüsse etwa vorgekommener Fehler auf den Gang des Betriebes bieten.

Dagegen muß auf Grund der vorliegenden Untersuchungen auch für diese Zwecke vor der Benutzung kleiner Probeflächen, namentlich bei ungenügender Anzahl der Probestämme gewarnt werden.

Die Probestammverfahren in ihrer verschiedenen Ausbildung finden da Anwendung, wo die eben besprochenen Methoden nicht ausreichen. Dieses ist besonders der Fall: 1. Bei wissenschaftlichen Untersuchungen, namentlich bei solchen, bei denen es darauf ankommt, die Größe und die Veränderung der konkreten Formzahl des betr. Bestandes festzustellen, wenn also die Durchschnittswerthe der Massentafeln nicht genügen, sowie da, wo die Höhe und der Höhenzuwachs genauer ermittelt werden müssen, als es durch Messung im Stehen möglich ist. 2. Bei Holzarten, für welche genügende Formzahluntersuchungen noch nicht vorliegen. 3. In Bestandesformen, welche von dem regelmäßigen Charakter unserer mitteleuropäischen Hochwälder mehr oder minder abweichen. 4. Wenn die Aufgabe vorliegt, nicht nur die Masse eines Bestandes, sondern auch deren wahrscheinliche Verteilung nach Sortimenten kennen zu lernen.

Der Kahlabtrieb von kleineren Probeflächen in Verbindung mit Massenermittelung auf physikalischem Wege hat da Platz zu greifen, wo es sich um die Feststellung der Masse von Reiserholzbeständen handelt, also namentlich in Niederwaldungen.

# V. Abschnitt.

# Ermittelung des Alters.

## § 49. Einleitung.

Für viele Fragen der Praxis und Wissenschaft ist es von Wichtigkeit, die Beziehungen zwischen der Holzmasse und dem Zeitraume festzustellen, innerhalb dessen erstere erzeugt worden ist oder erzeugt werden kann. Die Ermittelung dieses Zeitraumes bildet daher ebenfalls eine Aufgabe der Holzmeßkunde. Sie wird gelöst durch die Lehre von der Bestimmung des Alters der Bäume und Bestände, welche gleichzeitig auch zeigt, in welcher Weise die Länge eines beliebigen Zeitraumes der bereits zurückgelegten Lebensperiode gemessen werden kann.

## I. Ermittelung des Alters einzelner Bäume.

### § 50. Altersbestimmung am stehenden Stamme.

Unsere Holzgewächse nehmen während jeder Vegetationsperiode an Höhe, Stärke und damit auch an Masse zu. Der Beginn und der Abschluß der Vegetationstätigkeit in den einzelnen Jahren kennzeichnen sich auf dem Querschnitt durch die Grenzen der Jahresringe, welche dadurch, allerdings bei den einzelnen Holzarten ungleich stark, sichtbar werden, daß die weiteren Zellen des Frühjahrholzes sich unmittelbar an die engeren des vorhergehenden Herbstholzes anschließen. Außerdem setzen mehrere Nadelhölzer, namentlich verschiedene Kiefernarten, weniger deutlich die Fichten und Tannen (dagegen gar nicht die Lärche) nur am Grunde des Jahrestriebes einen Astquirl an, so daß hier die Zahl der Vegetationsperioden bis zu einem gewissen Grad auch äußerlich kennbar wird.

Auf diese beiden anatomischen Eigenschaften gründen sich fast sämtliche Methoden der Altersbestimmung der Bäume.

1. Gutachtliche Schätzung. Da die Dimensionen der Waldbäume durch die Vegetationstätigkeit alljährlich vergrößert werden, so kann man annehmen, daß unter sonst gleichen Umständen

der höhere und stärkere Baum auch der ältere sein dürfte. Bei genügender Übung kann man sich einen annähernden Maßstab für die Größenverhältnisse der verschiedenen Baumarten in den einzelnen Altersstufen unter bestimmten Wachstumsbedingungen aneignen, so daß es möglich ist, hiernach das Alter eines Baumes innerhalb nicht allzu weiter Grenzen (10—20 Jahre) gutachtlich zu schätzen. Für alte Bäume, bei denen die Zunahme an Höhe und Stärke absolut und noch mehr relativ nur gering ist, werden die Resultate stets sehr ungenau.

Da die Entwickelung der Bäume, abgesehen von der Holzart, durch die Standortsverhältnisse, sowie durch wirtschaftliche Maßregeln außerordentlich verschiedenartig gestaltet wird und es nicht möglich ist, sämtliche in Betracht kommende Momente vollständig zu berücksichtigen, wenn man nicht mit den örtlichen Verhältnissen genau bekannt ist, so wird die Bestimmung des Alters durch Schätzung immerhin nur einen geringen, für die meisten Zwecke ungenügenden Grad von Genauigkeit besitzen.

2. Altersbestimmung nach der Zahl der Astquirle. Bei jenen Holzarten, welche regelmäßige Astquirle ansetzen, läßt sich deren Zahl, soweit die Äste noch vorhanden sind und von unten deutlich übersehen werden können, sehr gut zur Bestimmung des Alters des betreffenden Baumteiles (bei jungen Stämmen jenes des ganzen Baumes) benutzen. Wenn die Äste bereits abgefallen sind, bieten die bei der Überwallung entstehenden Astwülste noch längere Zeit gute Anhaltspunkte für die Altersbestimmung. Sind auch diese nicht mehr erkennbar, so kann man zu der von der Spitze nach abwärts zu ermittelten Zahl von Jahrestrieben noch gutachtlich soviele Jahre hinzuzählen, als der Baum gebraucht haben dürfte, um die Höhe zu erreichen, bis zu welcher die Zählung der Jahrestriebe möglich war.

3. Altersbestimmung nach aktenmäßiger Überlieferung. Die bei der forstwirtschaftlichen Buchführung gemachten Notizen über den Zeitpunkt der Begründung eines Bestandes bieten für das Alter des einzelnen Individuums keinen vollständig sicheren Anhaltspunkt, da dieses sowohl erheblich älter (Vorwuchs, Überhälter) als auch

nicht unbeträchtlich jünger (Nachbesserung) sein kann als nach den Angaben über das Jahr der Kultur anzunehmen ist.

4. Altersbestimmung mit Hilfe des Preßlerschen Zuwachsbohrers. Mittels dieses bereits auf p. 11 besprochenen Instrumentes ist es möglich, zylindrische Späne von 7—15 cm Länge aus dem Holzkörper herauszubohren. Bei Stämmen, welche nicht stärker sind als die doppelte Spanlänge, kann man daher einen bis zum Kern reichenden Span erhalten, an diesem die Zahl der Jahresringe ablesen und braucht dann nur noch soviele Jahre hinzuzählen, als die Pflanze mutmaßlich bis zur Erreichung der Bohrhöhe benötigte.

Wenn es nicht möglich ist bis zum Kern zu bohren, so kann man zu der am Spane ermittelten Anzahl von Jahresringen gutachtlich noch soviele addieren, als auf dem fehlenden Stücke bis zur Stammitte vermutlich noch enthalten sein dürften. Hierbei ist jedoch auf die Zunahme der Jahrringsbreite in der Stammitte Rücksicht zu nehmen.

Wegen der meist exzentrischen Lage der Markröhre ist es häufig schwer einen bis zu dieser reichenden Span zu erhalten. Das Schätzen der fehlenden Jahresringe ist mißlich und führt namentlich dann leicht zu falschen Resultaten, wenn nicht genau in radialer Richtung gebohrt worden war.

### § 51. Altersbestimmung am liegenden Stamme.

Das Zählen der Jahresringe am Stockabschnitte ist unter allen Umständen die beste Methode, das Alter eines Baumes zu bestimmen, doch ist es nicht immer leicht und können hierbei aus verschiedenen Ursachen Fehler unterlaufen.

Am einfachsten ist das Zählen bei den ringporigen Laubhölzern, sowie bei jenen Nadelhölzern, welche ein dunkler gefärbtes Herbstholz besitzen. Bei den zerstreutporigen Hölzern lassen sich die Jahresringe schwerer unterscheiden, namentlich wenn in diesen selbst noch „Scheinringe" vorkommen, wie bei Hainbuche, Birke und Erle. Die Scheinringe reichen zwar nicht um die ganze Peripherie, erschweren aber doch unter Umständen die Arbeit ganz gewaltig,

weil sie häufig von den eigentlichen Herbstholzschichten kaum zu unterscheiden sind, und das Verfolgen ihres Verlaufes sehr mühsam ist. Bei unterdrückten Stämmen ist bisweilen der Jahresring nicht in der ganzen Peripherie gleichmäßig ausgebildet, man muß daher hier an verschiedenen Radien die Zahl der Jahresringe bestimmen und das Maximum der Altersbestimmung zu Grunde legen. Unter Umständen kann der Zuwachs in den untersten Stammteilen ganz aussetzen. Zur Altersbestimmung eines Bestandes darf man aus diesem Grunde stets nur Stämme der herrschenden Klassen benutzen.

Wo die Zählung der Jahresringe nicht ohne weiteres möglich ist, bieten: Glätten, eventuell sogar Polieren des Abschnittes, ferner schräge Schnitte, um größere Flächen zu gewinnen, sowie die Lupe, unter Umständen sogar das Mikroskop die nötige Unterstützung. Bei Weichhölzern treten häufig die Grenzen der Jahresringe nach dem Verkohlen deutlicher hervor. Die sonst soviel empfohlenen Färbemittel, wie: Dammerde, Indigolösung, Tinte, Berliner Blau u. s. w. versagen nach meiner umfangreichen Erfahrung in wirklich schwierigen Fällen stets den Dienst, weil eben hier die Zellen zu klein sind, um diese fein verteilten Stoffe in genügender Menge aufnehmen zu können; in leichteren Fällen sind sie ohnehin nicht nötig.

Wenn man die Jahresringe lediglich für die Zwecke der Altersbestimmung zählt, so sucht man natürlich die Stellen aus, wo die Ringe am breitesten sind und wechselt hierbei nach Bedarf den Radius. Um Irrungen zu vermeiden, markiert man je zehn abgezählte Ringe durch einen Bleistiftstrich.

Durch die Zählung der Jahresringe an irgend einem Stammabschnitte erhält man stets die Zahl der Jahre, welche der Baum gebraucht hat, um den oberhalb des Abschnittes gelegenen Teil zu bauen.

Werden die Jahresringe am Stammabschnitte gezählt, so muß man daher, um das ganze Alter des Baumes zu erhalten, noch so viele Jahre hinzuzurechnen, als die Pflanze gebraucht hat, um die Stockhöhe zu erreichen.

Da hierbei immer noch Fehler möglich sind, so hat Karl folgende Methode zur genauen Altersbestimmung empfohlen:

Man lasse den Stock des Baumes auf die Abhiebsfläche stellen und von oben herunter so spalten, daß, wenn möglich, die Markröhre der jungen Pflanze in die Spaltfläche des einen oder anderen Stückes zu liegen kommt. Indessen ist ein genaues Zusammentreffen der Markröhre nicht unbedingt notwendig, sondern es genügt schon eine Annäherung hieran. Hierauf wird mit einem schneidenden Instrumente (Hohleisen, Reißhaken) von der Abschnittsfläche des Stockes gegen den Wurzelknoten hin, so viel Holz weggehauen oder weggestoßen, daß die dadurch schief durchschnittenen Jahresringe leicht gezählt werden können.

Stämme, welche in früher Jugend längere Zeit im Druck gestanden haben, wie z. B. Tannen bei natürlicher Verjüngung, zeigen auf dem Stockabschnitte im Innern eine Zone äußerst enger Jahresringe, welcher der Periode der Überschirmung entstammen; nach ausreichender Freistellung werden diese fast plötzlich breiter und haben von da ab eine normale Entwickelung. Durch das Zählen der Jahresringe in der angegebenen Weise erhält man das wirkliche oder physische Alter solcher Bäume, dieses darf jedoch nicht für alle Zwecke, namentlich bei der Altersbestimmung der betr. Bestände, voll in Rechnung gesetzt werden, weil sich hierdurch bedenkliche Ungleichheiten gegenüber solchen Beständen und auch einzelnen Stämmen ergeben würden, welche nicht durch Überschirmung gelitten haben. Man unterscheidet deshalb bei derartigen Stämmen neben dem physischen Alter noch das wirtschaftliche Alter (Wachstumszeit). Letzteres erhält man, indem statt der Jahre, welche der Stamm im Druck zugebracht hat, jener Zeitraum in Rechnung gezogen wird, welchen die Pflanze im freien Stande gebraucht hätte, um dieselbe Höhe und Stärke zu erreichen, welche sie zur Zeit der Freistellung hatte.

## II. Ermittelung des Alters von Beständen.

### § 52. Bestimmung des Alters gleichaltriger Bestände.

Kann man annehmen, daß die Bestände gleichaltrig sind, was nur für Ausschlagswaldungen und innerhalb gewisser Grenzen bei künstlich begründeten Beständen, wenn die Kultur gut gelungen ist, seltener dagegen bei natürlich erzeugten Beständen (schöne Buchenverjüngungen aus reichen Mastjahren!) zutrifft, so genügt die Fällung eines einzigen oder doch weniger Stämme und die Zählung ihrer Jahresringe, um das Alter zu bestimmen. Selbstverständlich hat

man hierbei sehr starke Exemplare (Vorwüchse und Überhälter), ebenso wie auffallend schwache (Nachbesserungen) zu vermeiden.

Man wird übrigens auch in Beständen, welche der obigen Voraussetzung entsprechen, niemals bei der Zählung der Jahresringe genau das gleiche Alter, sondern stets Schwankungen von zwei bis drei Jahren neben einzelnen auffallend abweichenden Individuen finden. Dieses kommt daher, daß die Entwickelung der Pflanzungen und Saaten keine mathematisch gleichmäßige ist, sondern stets einzelne Pflanzen rascher in die Höhe gehen als andere und folglich die Zahl der Jahresringe in Stockhöhe ungleich wird, außerdem sind selbst in den gelungensten Kulturen fast stets Nachbesserungen nötig, öfters werden auch die guten Vorwüchse belassen. In solchen Fällen wird das Alter in der Weise bestimmt, daß man die einzelnen abnormen Individuen außer Acht läßt und das Mittel aus den übrigen Zählungen als Alter des Bestandes betrachtet.

Bei den künstlich begründeten Beständen, sowie bei den Ausschlagswaldungen bieten übrigens auch die Akten, sowie bei jüngeren Beständen die Angaben der Forstbeamten und Holzhauer brauchbare Anhaltspunkte für die Altersbestimmung, für Buchen- und Eichenbestände kann man als solche häufig die Jahre mit besonders reichem Mastertrag benutzen.

### § 53. Bestimmung des Alters ungleichaltriger Bestände.

Aus vorstehendem ergibt sich, daß Gleichaltrigkeit im strengsten Sinne auch bei jenen Beständen nur im beschränkten Maße vorhanden ist, welche in der Praxis als gleichaltrig bezeichnet und behandelt werden.

Bei einem großen Teile der Bestände sind aber die Unterschiede zwischen dem Alter der verschiedenen Stämme noch bedeutender, als oben angegeben wurde, so daß es unzulässig erscheint, diese vollständig zu vernachlässigen und das an einem oder an wenigen Stämmen ermittelte Alter ohne weiteres als jenes des ganzen Bestandes zu betrachten. Der Grad der Altersverschiedenheit ist natürlich sehr wechselnd, je nachdem es sich um einen un-

regelmäßigen Plänterbestand oder um eine gut gelungene Verjüngung des Femelschlagbetriebes handelt.

Als das mittlere Alter eines ungleichaltrigen Bestandes bezeichnet man nach Gustav Heyer jenen Zeitraum, welchen ein gleichaltriger Bestand unter den gleichen Verhältnissen gebraucht haben würde, um dieselbe Holzmasse zu erzeugen, welche der ungleichaltrige Bestand gegenwärtig besitzt.

Da in den Ertragstafeln die den einzelnen Altersstufen entsprechenden Massen gleichaltriger Bestände angegeben sind, so müßte man anscheinend auf Grund vorstehender Definition mit ihrer Hilfe leicht das mittlere Alter eines ungleichaltrigen Bestandes bestimmen können, wenn dessen Masse bekannt ist.

Um aber die Ertragstafeln anwenden zu können, ist auch noch die Kenntnis der Standortsgüte des ungleichaltrigen Bestandes erforderlich, welche nach den später folgenden Erörterungen durch die einem bestimmten Alter entsprechende Mittelhöhe charakterisiert wird, außerdem enthalten aber die Ertragstafeln nur die Masse normaler Bestände, von welcher die konkrete Bestandesgüte meist mehr oder minder abweicht. Da die Abweichung von der normalen Beschaffenheit bei Beständen mit erheblichen Altersunterschieden, für welche diese Methode am meisten in Betracht käme, mit Sicherheit überhaupt nicht festzustellen ist, eignen sich die Ertragstafeln nicht zur Altersbestimmung in derartigen Fällen.

Smalian (1840) und Carl Heyer (1841) haben vorgeschlagen, das sog. mittlere Massenalter zu berechnen.

Der Durchschnittszuwachs $\Theta$ eines Bestandes ist nämlich gleich der Masse geteilt durch dessen Alter:

$$\Theta = \frac{V}{A}$$

folglich ist auch

$$A = \frac{V}{\Theta} \qquad 1)$$

Nimmt man an, daß ein ungleichaltriger Bestand aus drei getrennten Altersklassen besteht, so sind die betr. Durchschnittszuwachse:

$$\Theta_1 = \frac{V_1}{A_1}; \ \Theta_2 = \frac{V_2}{A_2}; \ \Theta_3 = \frac{V_3}{A_3} \ \ldots$$

Bezeichnet $\Theta$ den gesamten Durchschnittszuwachs des ungleichaltrigen Bestandes und ist dieser eben so groß als die Summe der Durchschnittszuwachse der einzelnen Altersklassen, also:

$$\Theta = \Theta_1 + \Theta_2 + \Theta_3 + \ldots$$

so erhält man hieraus und aus der oben gemachten Voraussetzung, daß der ungleichaltrige Bestand dieselbe Masse haben soll, wie der korrespondierende gleichaltrige, in einfacher Weise das Alter des ersteren, indem man für den Durchschnittszuwachs $\Theta$ die Quotienten aus den entsprechenden Massen und Altern einsetzt:

$$\frac{V}{A} = \frac{V_1}{A_1} + \frac{V_2}{A_2} + \frac{V_3 + \ldots}{A_3 + \ldots}$$

und demnach

$$A = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + \ldots}{\frac{V_1}{A_1} + \frac{V_2}{A_2} + \frac{V_3}{A_3} + \ldots} \qquad 2)$$

Man findet also hiernach das mittlere Alter eines ungleichaltrigen Bestandes, wenn man dessen Masse durch die Summe der Durchschnittszuwachse seiner Altersklassen dividiert.

Da die Masse eines Bestandes auch als das Produkt aus Fläche in Alter und Durchschnittszuwachs pro Hektar betrachtet werden kann, so läßt sich obige Formel nach Gustav Heyer wie folgt schreiben:

$$A = \frac{F_1\Theta_1A_1 + F_2\Theta_2A_2 + F_3\Theta_3A_3 + \ldots}{\frac{F_1\Theta_1A_1}{A_1} + \frac{F_2\Theta_2A_2}{A_2} + \frac{F_3\Theta_3A_3}{A_3}}$$

$$= \frac{F_1\Theta_1A_1 + F_2\Theta_2A_2 + F_3\Theta_3A_3 + \ldots}{F_1\Theta_1 + F_2\Theta_2 + F_3\Theta_3} \qquad 3)$$

Nimmt man an, daß $\Theta = \Theta_1 = \Theta_2 = \Theta_3 \ldots$, so geht Formel 3 über in den von Gümbel 1841 angegebenen Ausdruck:

$$A = \frac{F_1A_1 + F_2A_2 + F_3A_3 + \ldots}{F_1 + F_2 + F_3 + \ldots}$$

Diese Voraussetzung trifft jedoch nur zu, wenn die Altersunterschiede nicht bedeutend sind, und die Alter selbst dem Zeitpunkt des größten Durchschnittszuwachses nahe stehen, da sich $\Theta$ in dieser Periode wenig ändert. Unter diesen Voraussetzungen wird man aber eine derartige Berechnung des durchschnittlichen Alters überhaupt nicht vornehmen.

Mit den Formeln 2 und 3 erhält man recht gute Resultate, letztere eignet sich jedoch nur dann zur Anwendung, wenn die Altersklassen flächenweise getrennt vorkommen, während erstere auch bei beliebiger Mischung anwendbar ist. Die Massenermittelung muß in diesem Fall so ausgeführt werden, daß man die Masse der einzelnen für die Rechnung zu Grunde gelegten Stärkeklassen (ev. Höhen- und Stärkeklassen) gesondert erhält. Man nimmt alsdann an, daß die stärkeren und höheren Klassen gleichzeitig auch die älteren sind, was nach allen bisherigen Untersuchungen in der großen Mehrzahl auch zutrifft.

Die beiden Formeln von Carl und Gustav Heyer eignen sich trotz ihrer Richtigkeit deshalb wenig für den praktischen Gebrauch, weil sie die Kenntnis der Massen und die Formel 3 auch jene der betreffenden Flächen voraussetzt, wodurch das ganze Verfahren sehr umständlich wird. Man bestimmt deshalb nicht nur für die taxatorischen Arbeiten, sondern auch für die meisten wissenschaftlichen Untersuchungen das mittlere Bestandesalter aus dem Mittel der an den Probestämmen festgestellten Alter.

Nach speziellen Ermittelungen der sächsischen*) und württembergischen**) Versuchsanstalten geben diese Resultate bei Benutzung einer größeren Anzahl von Probestämmen gegenüber dem mittleren Massenalter nur sehr geringe Unterschiede.

Bei wiederholten Aufnahmen desselben Bestandes werden zweckmäßig sämtliche bisher gefällte Probestämme unter Berücksichtigung des zwischen den verschiedenen Aufnahmen verflossenen Zeitraumes zur Ermittelung des Alters nach dem rechnerischen Durchschnitt benutzt. Nach der zweiten oder gar dritten Aufnahme kommen dann Unterschiede kaum noch vor und betragen diese höchstens 1—2 Jahre.

Eine von der üblichen abweichenden Definition des Massenalters gibt Block***), indem er hiermit das durchschnittliche Alter der Masseneinheit bezeichnet.

*) Kunze, Beiträge zur Kenntnis des Ertrages der Fichte, Suppl. z. Thar. Jahrb., III. Bd., H. 1, p. 19.

**) Lorey, Ertragstafeln für die Weißtanne, 1884, p. 66.

***) Block, die Smalian'scher Formel zur Berechnung des mittleren Bealters. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw., 1888, p. 496.

Die Formel für letzteres lautet alsdann:

$$A = \frac{V_1A_1 + V_2A_2 + V_3A_3 + \ldots}{V_1 + V_2 + V_3 + \ldots}$$

oder in Worten: das mittlere Bestandesalter ist gleich der durch die Anzahl der Masseneinheiten geteilten Summe der Alter sämtlicher Masseneinheiten.

Bei der nach einem kürzeren Zeitraum wiederholten Aufnahme ungleichaltriger Bestände zeigt es sich, daß der rechnungsmäßige Unterschied in den Altern meist nicht dem faktischen Zwischenraume zwischen den beiden Aufnahmen entspricht, sondern in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle größer ist*). Dieses relative Älterwerden der Bestände rührt daher, daß bei den Durchforstungen vorwiegend die schwächsten und damit auch der Regel nach die jüngsten Individuen oder wenigstens solche, deren Jahresringe sehr schwer zu zählen sind, weggenommen werden, sodaß bei den späteren Aufnahmen verhältnismäßig immer mehr nur die stärksten und ältesten Stämme vorhanden sind. Um diesen Mißstand zu vermeiden, hat Lorey vorgeschlagen, in derartigen Beständen vom stärkeren Stangenholzalter an nur die stärksten Stammklassen, welche voraussichtlich den künftigen Haubarkeitsbestand bilden werden, zur Altersbestimmung heranzuziehen.

Diese Berechnungsweise weicht allerdings von der oben angegebenen Definition des Alters ungleichaltriger Bestände ab, ist aber begründet durch den ganz überwiegenden Anteil, welchen die stärkeren Stammklassen an der Gesamtmassenproduktion haben.

## VI. Abschnitt.

# Ermittelung des Zuwachses.

### § 54. Begriff und Arten des Zuwachses.

Während jeder Vegetationsperiode erfahren die verschiedenen Dimensionen eines Baumes eine Vergrößerung, welche sich als Verlängerung der Schaftachse (Höhenzuwachs), und als Zunahme

*) Theod. Nördlinger, Das relative Älterwerden von Buchenstangenhölzern. Allgem. Forst- und Jagd-Zeitung, 1884, p. 301.

der Durchmesser (Stärkezuwachs bezw. Flächenzuwachs) dem Beobachter darstellt, sowie durch geeignete Instrumente gemessen werden kann.

Höhenzuwachs und Flächenzuwachs zusammen bedingen eine Vermehrung des Volumens (Massenzuwachs), welche einen den vorjährigen Baumschaft umgebenden und organisch mit ihm verbundenen Hohlkegel darstellt.

Aus der Wachstumsleistung der Einzelstämme setzt sich der Zuwachs des Bestandes zusammen.

Je nach dem Zeitraum, während dessen der Zuwachs erfolgt, unterscheidet man:

1. jährlichen oder laufend-jährlichen Zuwachs, welcher sich auf ein bestimmtes Jahr bezieht.
2. periodischen Zuwachs, welcher innerhalb einer längeren oder kürzeren Reihe von Jahren erfolgt.
3. Gesamtalters-, totalen oder summarischen Zuwachs, welcher die ganze Wachstumsleistung von der Begründung eines Baumes oder Bestandes bis zu seinem gegenwärtigen Alter umfaßt.
4. durchschnittlich-jährlichen Zuwachs, welcher sich bei der Division des totalen Zuwachses durch das Alter des Baumes bezw. Bestandes ergibt. Bezieht sich der durchschnittlich-jährliche Zuwachs auf das Abtriebsalter, so bezeichnet man ihn als Haubarkeits-Durchschnittszuwachs.
5. periodischen Durchschnittszuwachs; dieser wird als Quotient bei der Division des periodischen Zuwachses durch die Anzahl der Jahre, welche die Periode umfaßt, gefunden.

Bei den meisten Untersuchungen wird der periodische Durchschnittszuwachs an Stelle des laufend-jährlichen in Betracht gezogen, weil letzterer sehr von Ernährungsverhältnissen, Witterung, Samenjahren, Insektenbeschädigungen, wirtschaftlichen Maßnahmen u. s. w. abhängt und daher vielfach schwankt. Außerdem ist auch die Ermittelung des Zuwachses eines bestimmten Jahres in der Regel ziemlich schwierig.

Für die wirtschaftlichen Fragen bildet daher die durchschnittliche Wachstumsleistung einer Periode gewöhnlich einen besseren Maßstab, als jene eines einzelnen Jahres.

Bei den Zuwachsuntersuchungen am Bestand ist zu berücksichtigen, daß fortwährend Stämme aus verschiedenen Ursachen aus ihm entfernt werden, welche jedoch bei Beurteilung der gesamten Wachstumsleistung mit in Betracht gezogen werden müssen.

Alle Untersuchungen, welche sich nicht bloß auf die Veränderung des verbleibenden Bestandes (früher Hauptbestand genannt) beziehen, insbesondere alle statischen Ermittelungen, müssen daher auch die Größe des ausscheidenden Bestandes (früher Nebenbestand genannt) berücksichtigen. Je intensiver die Bestandespflege geübt wird, desto größer ist der Anteil des ausscheidenden Bestandes an der gesamten Wachstumsleistung.

Die Ermittelungen bezüglich des Zuwachses können sich auf eine abgelaufene Zeitperiode (Zuwachsermittelungen nach rückwärts) oder auf die noch zu erwartenden Wachstumsleistungen (Zuwachsermittelung nach vorwärts) beziehen. Da sich erstere in der Hauptsache mit gegebenen Größen beschäftigt, so ist ihr Genauigkeitsgrad erheblich größer, als jener der letzteren, welche sich auf dem Boden der Spekulation zu bewegen gezwungen ist.

Die Kenntnis der absoluten Größe des Zuwachses ist nicht für alle Zwecke ausreichend, sondern es ist oft nötig, auch seine relative Größe, d. h. das Verhältnis zwischen den vorhandenen Elementen und dem hieran erfolgenden Zuwachs, das Zuwachsprozent, zu ermitteln. Dieses wird auf die Einheit 100 und die Wachstumsleistung eines Jahres bezogen.

Die Betrachtung des Zuwachsprozentes an und für sich gewährt nur einen Einblick in die Energie des Wachstums, nicht aber ein Bild von dessen Leistung.

### § 55. Der Gang des laufend-jährlichen und des durchschnittlichen Zuwachses im allgemeinen.

Der Gang des laufend-jährlichen Zuwachses ist sehr verschieden, je nachdem die Masse des ganzen Bestandes oder bestimmter Baumgruppen oder nur eines Einzelstammes in Betracht kommt,

ferner verläuft er anders für die Masse, als für deren einzelne Faktoren: Höhe, Durchmesser und Kreisfläche. Holzart, Standort und wirtschaftliche Behandlungsweise sind hierfür in erster Linie von Bedeutung.

Trotz dieser Verschiedenheiten, deren nähere Untersuchung nicht in das Gebiet der Holzmeßkunde, sondern in jenes der Zuwachslehre gehört, gilt doch für alle Arten des laufend-jährlichen Zuwachses auch das zuerst von Sachs ausgesprochene Gesetz der großen Periode.

Er ist stets in den ersten Lebensjahren sehr gering, steigt dann ziemlich rasch an, erreicht ein Maximum und fällt wieder.

Pfeffer*) sagt über diesen Verlauf: Jede Zelle und jedes Zellenstück, jedes Organ, sowie die ganze Pflanze durchlaufen aus inneren Ursachen einen spezifischen Entwickelungsgang (Ontogenese), die „Entwickelungsperiode" oder „große Periode" schnell oder langsam. In dieser Entwickelungsperiode, die einen Anfang und ein Ende hat, wird naturgemäß die Tätigkeit in irgend einer Phase ein Maximum erreichen, gleichviel ob die Kurve sekundäre Maxima aufzuweisen hat oder nicht.

Der Durchschnittszuwachs ist anfangs kleiner als der laufend-jährliche, steigt langsamer und nimmt später ebenfalls ab. Der Zeitpunkt des Eintrittes seines Maximums ergibt sich aus folgender Betrachtung:

Nennt man die laufend-jährlichen $z_1, z_2 \ldots$ und die durchschnittlich-jährlichen Zuwachse $\vartheta_1, \vartheta_2 \ldots$, so ist der laufend-jährliche Zuwachs des Jahres $n + 1$:

$$z_{n+1} = (n+1)\,\vartheta_{n+1} - n\vartheta_n \text{ oder}$$
$$z_{n+1} = n\,\vartheta_{n+1} + \vartheta_{n+1} - n\vartheta_n$$
$$z_{n+1} - \vartheta_{n+1} = n(\vartheta_{n+1} - \vartheta_n).$$

Hieraus folgt, daß für $\vartheta_{n+1} \gtrless \vartheta_n$ auch $z_{n+1} \gtrless \vartheta_{n+1}$ sein muß.

Vorstehender Beweis rührt von G. Heyer (Waldertrags-Regelung, 3. Aufl., p. 24) her, einen anderen, sehr viel umständlicheren, hat Jäger in der Allgemeinen Forst- und Jagdzeitung 1841, p. 177 gegeben; endlich hat auch Lehr einen Beweis für den Zeitpunkt der Kulmination des Durchschnittszuwachses in der Allgemeinen Forst- und Jagdzeitung 1870, p. 482 geführt.

*) Pfeffer, Pflanzenphysiologie, 2. Bd., Leipzig 1901, p. 8.

Der Durchschnittszuwachs erreicht demnach dann sein Maximum, wenn er gleich dem laufend-jährlichen wird. Dieses findet erst statt, wenn der laufend-jährliche Zuwachs bereits im Abnehmen ist, die Kulmination des Durchschnittszuwachses tritt also später ein als jene des laufend-jährlichen (Figur 20).

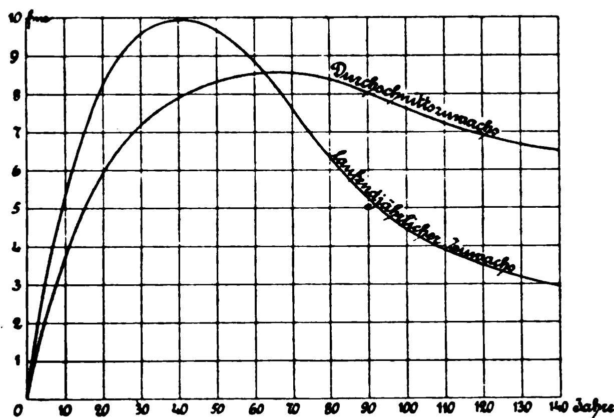



Fig. 20.

Vor seiner Kulmination ist der Durchschnittswachs *kleiner*, *nachher* größer als der laufend-jährliche Zuwachs.

Theoretisch kann die Kulmination nur in einem einzigen Jahre, oder richtiger sogar nur während eines kleinen Zeitteilchens erfolgen. Die genauen Untersuchungen haben jedoch ergeben, daß innerhalb der Grenzen, mit welchen die Praxis rechnet, keineswegs eine so rasche Änderung des Höchstbetrages eintritt. Insbesondere kann der *durchschnittliche* Massen-Zuwachs eines Bestandes durch geeignete wirtschaftliche Maßregeln (zweckmäßigen Durchforstungsbetrieb!) lange Zeit (bis zu 20 Jahren) annähernd auf gleicher Höhe erhalten werden, was bei Lösung verschiedener Fragen der forstlichen Statik, namentlich bei Bemessung der Umtriebszeit, wohl zu beachten ist.

## I. Zuwachsermittelung am Einzelstamm.

### 1. Ermittelung der absoluten Größe des Zuwachses.

### § 56. Höhenzuwachs.

Am stehenden Stamm kann der Höhenzuwachs nur bei jenen Nadelhölzern gemessen werden, welche deutliche Astquirle bilden und soweit diese oder die Astwulste noch sichtbar sind.

In weitaus den meisten Fällen müssen aber die Untersuchungen über den Höhenzuwachs am liegenden Stamm ausgeführt werden.

Wenn es sich nun darum handelt, zu ermitteln, wie groß der Höhenzuwachs während der letzten kurzen, etwa n Jahre umfassenden, Periode gewesen ist, so geschieht dieses bei den Nadelhölzern, welche deutliche Astquirle zeigen, einfach durch Abzählen der letzteren von der Spitze her und Messung der Länge des betr. Stammteiles.

Bei den übrigen Holzarten sucht man jenen Punkt der Stammachse auf, an welchem sich die Spitze des Stammes vor n Jahren befunden haben dürfte, und an welcher, wie früher angegeben, infolgedessen n Jahresringe vorhanden sein müssen. Hier durchschneidet man den Stamm und ermittelt die Zahl der Jahresringe, ist diese größer oder kleiner als n, so wiederholt man diese Operation im ersten Fall weiter oben, im zweiten weiter unten, bis man die Stelle gefunden hat, wo oben noch n, unterhalb aber bereits n + 1 Jahresringe vorhanden sind. Die Länge des Stückes von diesem Querschnitt bis zur Spitze ist der Höhenzuwachs während der letzten n Jahre.

Einen vollständigen Überblick über den Höhenwachstumsgang eines Baumes während seines ganzen Lebens und damit auch für jede beliebige Periode erhält man (von ganz jungen, quirlbildenden Nadelhölzern abgesehen) nur durch die Höhenanalyse. Diese bildet gleichzeitig einen Teil der Stammanalyse, mittels welcher die einzelnen form- und inhaltsbildenden Elemente eines Baumes für sämtliche Lebensjahre bestimmt werden.

Um zu ermitteln, in welchem Abstand über dem Boden sich in jedem Jahre die Spitze des Baumes befunden hat, ist vor

allem die Kenntnis des Baumalters $a$ erforderlich. Zeigt ein Querschnitt in $m$ Höhe über dem Boden noch $i$ Jahresringe, so gehört nach früherem die oberhalb dieses Abschnittes liegende Höhe den letzten $i$ Jahren als Wachstumsleistung an, folglich hat der Stamm $a - i$ Jahre gebraucht, um die Höhe von $m$ Metern zu erreichen.

Wenn man den Stamm in Sektionen von 1 oder 2 m Länge zerlegt und sowohl am Stockabschnitt als auch auf dem oberen Ende jeder Sektion die Jahresringe zählt, so kann man hiernach leicht berechnen, in welchem Alter der Stamm die jedem Querschnitt entsprechende Höhe besessen hat.

Für die meisten Fälle lautet aber die Frage: Wie hoch ist der Stamm in einem gewissen Alter gewesen?

Dieser läßt sich durch graphische oder rechnerische Interpolation aus den vorher gewonnenen Daten beantworten.

Will man rechnerisch interpolieren, so sucht man die Sektion auf, in welche

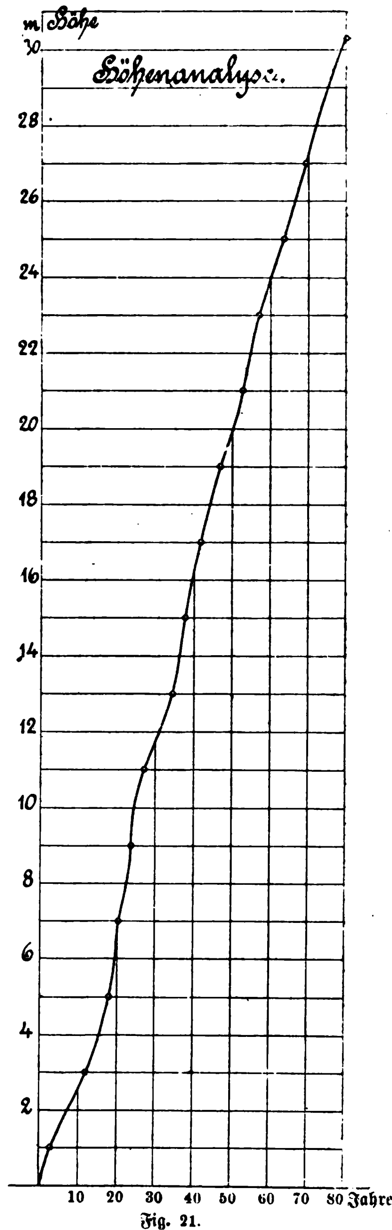


Fig. 21.

die Spitze des betr. Altersjahres fällt, dann bestimmt man die Differenz der Jahresringzahlen der beiden die Sektion begrenzenden Querschnitte und erhält dadurch die Zeit, welche zur Bildung der zwischenliegenden Länge erforderlich war. Der Quotient aus Länge der Sektion durch die Zahl der zugehörigen Jahre gibt das während der betr. Intervalls erfolgte Jahreslängenwachstum. Dieses wird so oft der bei Beginn des betr. Zeitabschnittes vorhandenen Höhe zugezählt, als der seitdem verflossenen Anzahl Jahre entspricht.

Im allgemeinen wird jedoch die graphische Interpolation bessere Resultate liefern, weil die Annahme einer von Jahr zu Jahr gleichbleibenden Höhenzunahme selbst für kleine Zeitintervalle nicht zutrifft.

Bei der graphischen Interpolation trägt man das Alter der Querflächen als Abszissen und die zugehörigen Höhen als Ordinaten auf. Durch Verbindung der Endpunkte der letzteren entsteht eine gebrochene Linie, welche die Höhenentwickelung des Baumes darstellt. Wandelt man diese gebrochene Linie in eine stetig verlaufende Kurve um, so kann man nunmehr die Höhe des Baumes für jedes beliebige Alter als Ordinate ablesen (Figur 21).

Bei der Höhenanalyse entstehen kleine Ungenauigkeiten dadurch, daß die Querschnitte meist nicht genau an der Grenze der einzelnen Jahreshöhentriebe, sondern zwischen diesen zu liegen kommen, weshalb die Höhe für das betr. Alter etwas zu groß erhalten wird, ein Fehler, welcher im ungünstigsten Falle nahezu die Länge des ganzen Jahrestriebes ausmacht. Vollständig beseitigen läßt er sich nur dann, wenn man nicht nur den Höhenzuwachsgang, sondern auch das Ergebnis der Stammanalyse (letztere als Durchschnitt einer vertikalen Ebene gedacht, welche durch die Achse gelegt wurde) aufträgt, indem sich beide Zeichnungen gegenseitig kontrollieren und ergänzen (vergl. Figur 22 auf p. 136).

Bei der Zuwachsschätzung nach vorwärts ist zu beachten, daß das Maximum des laufend-jährlichen Höhenzuwachses sehr frühzeitig eintritt (Kiefer und Lärche im 10.—15. Jahr, Fichte im 15.—25. und Tanne sowie Buche im 25.—30. Jahr), von da sehr rasch herabsinkt und alsdann im Mannbarkeitsalter auf einem Betrag von etwa 10—15 cm längere Zeit verharrt, bis schließlich

**Beispiel einer Höhenanalyse.**

Oberförsterei: Czullkinnen. Holzart: Fichte. Stamm: Nr. 1.

| Höhe des Abschnittes | Zahl der Jahresringe | Der Stamm erreichte die Höhe des Querschnittes in Jahren | Der Stamm war hoch | |
|---|---|---|---|---|
| m | | | im Alter von Jahren | m |
| Stock | 80 | 0 (2)*) | 10 | 2,5 |
| 1 | 77 | 3 | 20 | 6,3 |
| 3 | 68 | 12 | 30 | 11,9 |
| 5 | 62 | 18 | 40 | 16,0 |
| 7 | 59 | 21 | 50 | 20,0 |
| 9 | 56 | 24 | 60 | 24,2 |
| 11 | 52 | 28 | 70 | 27,2 |
| 13 | 45 | 35 | 80 | 30,3 |
| 15 | 42 | 38 | | |
| 17 | 27 | 43 | | |
| 19 | 33 | 47 | | |
| 21 | 27 | 53 | | |
| 23 | 23 | 57 | | |
| 25 | 17 | 63 | | |
| 26,5 | 11 | 69 | | |
| 30,3 | 0 | 80 | | |

die Zunahme in den höchsten Lebensaltern nur noch eine äußerst geringe wird. Man wird also, von der frühesten Periode abgesehen, im allgemeinen für die nächste Zeit keine Zunahme und selbst nicht einmal ein Gleichbleiben des bisherigen Höhenzuwachses, sondern in der Regel eine Abnahme in Rechnung zu setzen haben, wobei der Gang des Wachstumes in den letzten Jahren einen guten Anhaltspunkt gewährt. Relativ am sichersten läßt sich die Zunahme der Höhe für die nächste, nicht allzu lange (etwa 10-

*) Bei den Höhenanalysen bleibt das Stück unterhalb des Stockabschnittes zunächst außer Betracht und wird erst zum Schluß, wenn es der Zweck der Arbeit erfordert, die Zahl von Jahren noch hinzugerechnet, welche der Stamm gebraucht hat, um die Stockhöhe zu erreichen.

jährige) Lebensperiode durch Verlängerung der in der oben angegebenen Weise konstruierten Höhenkurve unter Berücksichtigung der Tendenz ihres Verlaufes während der letzten Jahre schätzen.

R. Weber hat den Versuch gemacht für den Gang des Höhenzuwachses sowohl als auch für jenen der übrigen Arten des Zuwachses Gesetze in Form mathematischer Formeln aufzustellen*). Ihre Richtigkeit und Anwendbarkeit wird jedoch vielfach bestritten.

## § 57. Stärkezuwachs.

Die Messung des Stärke- und Flächenzuwachses bezieht sich meist nur auf den Holzkörper ohne Rinde, bloß bei Zuwachsuntersuchungen durch wiederholte Aufnahme stehender Stämme mittels der Kluppe (bei Versuchsflächen) wird die Zunahme der ganzen Querfläche, also von Holz und Rinde gleichzeitig erhoben.

Die Möglichkeit der Messung des Stärkezuwachses ist durch die Bildung der Jahresringe bedingt, welche die Zunahme des Durchmessers während jedes einzelnen Jahres genau feststellen läßt. Da die Breite der Jahresringe in den seltensten Fällen auf demselben Querschnitt im ganzen Umfang gleich groß ist, so darf man sich nicht damit begnügen, den Stärkezuwachs an einer einzigen Stelle zu messen, sondern muß diese Operation an mehreren (mindestens an zwei einander gegenübergelegenen) Stellen vornehmen und aus den Ergebnissen das Mittel berechnen.

Bei der Messung des Stärkezuwachses kommen die gleichen Verhältnisse in Betracht, welche oben (p. 112) bezüglich des leichteren oder schwereren Erkennens der Jahresringgrenzen angegeben worden sind und müssen dieselben Mittel, wie dort, angewendet werden, um letztere sichtbar zu machen.

Das Messen des Stärkezuwachses am stehenden Baume erfolgt nur bei den wiederholten Aufnahmen ständiger Versuchsflächen durch Kluppen auf der Rinde, in allen übrigen Fällen wird mittels der Preßlerschen Zuwachsbohrer ein Bohrspan herausgeholt, auf welchem die Messung des Stärkezuwachses mittels eines in Millimeter geteilten Maßstabes (am einfachsten unter Anwendung des

---

*) R. Weber, Lehrbuch der Forsteinrichtung, Berlin 1901, und zwar besonders im dritten Abschnitte: Die Lehre vom Holz-Zuwachs.

auf der Klemmnadel befindlichen) vorgenommen wird. Die Länge der Periode, für welche die Bestimmung des Stärkezuwachses möglich ist, hängt einerseits ab von der Länge des Spanes, welcher erbohrt werden kann (in der Regel 6—7 cm; der Tiefbohrer, welcher bei Weichhölzern bis zu 10 und selbst 15 cm Tiefe zu gehen gestattet, wird nur selten angewendet), und andererseits von der Energie des Wachstumes, da natürlich mit dem gleich langen Span bei raschem Wachstum weniger Jahresringe getroffen werden als bei langsamem.

Viel eingehender kann die Messung der Jahresringsbreiten während bestimmter Perioden am liegenden Stamme auf rechtwinkelig zur Stammachse geführten Schnittflächen oder bequemer auf etwa 5 cm dicken Scheiben, welche an den Meßstellen aus dem Stamme herausgeschnitten sind, ausgeführt werden.

Als Instrumente benutzt man hierbei am zweckmäßigsten die früher (p. 11) besprochenen Baurschen Zuwachsstäbe. Auch die Staudingersche Metallkluppe, sowie der nach Professor von Guttenbergs Angaben konstruierte Stangenzirkel oder beim Fehlen solcher Hilfsmittel einfache prismatische Maßstäbe lassen sich hierzu verwenden.

Bei den Messungen behufs Ermittelung des Stärkezuwachses am liegenden Stamme muß die früher bereits besprochene Abweichung der Querflächen von der Kreisform berücksichtigt werden, und wird man sich, da derartige Untersuchungen stets einen größeren Genauigkeitsgrad erstreben, niemals mit der Messung eines einzigen Durchmessers begnügen, sondern meist die Größe von zwei sich rechtwinkelig kreuzenden Durchmessern (des größten und kleinsten) bestimmen. Noch schärfere Resultate erhält man durch Messung einer größeren Anzahl symmetrisch gelegter Durchmesser, von denen sich je zwei rechtwinkelig kreuzen. Das Mittel aus den verschiedenen Ablesungen wird alsdann der weiteren Rechnung zu Grunde gelegt.

Bei der Messung des Stärkezuwachses beschränkt man sich entweder auf die Ermittelung der Zunahme des Durchmessers während einer bestimmten Periode, oder man will den Gang des Stärkewachstumes während des ganzen Lebens feststellen.

Im ersten Falle erhält man das gewünschte Resultat aus der Differenz der Durchmesser d und d′ zu Anfang und zu Ende der betr. Periode. Diese Untersuchung kann innerhalb der oben angegebenen Grenzen auch am stehenden Stamm vorgenommen werden.

Im zweiten Fall will man entweder wissen, welches war der Durchmesser vor n, 2n, 3n ... Jahren oder wie groß war dieser in bestimmten Altern, letzteres sind gewöhnlich Jahrzehnte (10, 20, 30 Jahre.) Die hierzu nötigen Messungen können mit Ausnahme ganz junger Stämme, bei welchen es möglich ist, bis zur Markröhre reichende Bohrspäne zu erhalten, nur an liegenden Stämmen oder besser an Stammscheiben vorgenommen werden.

Bei diesen Messungen zieht man auf der betreffenden Stammscheibe die erforderliche Anzahl von Durchmessern und zählt alsdann im ersten Fall auf jedem Radius von außen nach innen die Anzahl Jahresringe, welche der betr. Periode entspricht, so oft als nötig ist, ab und markiert die Endpunkte der einzelnen Perioden durch einen Bleistiftstrich. Im zweiten Falle zählt man von außen her zunächst soviele Jahresringe ab, als die Differenz zwischen dem gegenwärtigen Alter (a) des Baumes und dem nächsten Lebensabschnitt (i) beträgt, für welchen der Durchmesser bestimmt werden soll. Von hier ab beginnt man mit der Zählung der Jahre der betr. Periode wie im ersten Fall.

Da die Wachstumsleistung für den Zeitabschnitt (a—i) stets den letzten Jahren angehört, so muß diese Anzahl Jahresringe auf sämtlichen Scheiben desselben Stammes, wenn solche aus verschiedenen Höhen zur Untersuchung gelangen, solange abgezählt werden, als die Gesamtzahl der Jahresringe es gestattet.

Die Zahl der Perioden, für welche diese Messungen ausgeführt werden können, nimmt von unten nach oben entsprechend der immer geringer werdenden Anzahl von Jahresringen ab.

Man hat z. B. einen 67jährigen Stamm und will wissen, wie groß die Durchmesser in den Jahren 60, 50, 40, 30, 20, 10 gewesen sind, so zählt man zuerst (a—i) = (67—60), d. h. 7 Jahre ab und erhält so die Marken für das Alter 60, von hier ab werden alsdann immer je 10 Jahresringe weiter zurückgezählt.

Wenn die korrespondierenden Endpunkte der Durchmesser für den Anfang der einzelnen Perioden bezeichnet sind, so kann deren

Messung mit Hilfe der oben angegebenen Instrumente unschwer vorgenommen werden.

Bezüglich der Schätzung des Stärkezuwachses nach vorwärts ist die Tendenz im Verlaufe der letzten Jahresringe zu beachten, man muß jedoch dabei berücksichtigen, daß die Größe des Stärkezuwachses durch wirtschaftliche Operationen (starke Durchforstungen, Lichtungshiebe), sowie durch sonstige Einflüsse (Witterung, Samenjahre, Insektenfraß u. s. w.) sehr beeinflußt wird.

## § 58. Flächenzuwachs.

Die Kenntnis des Stärkezuwachses gewährt noch keinen Einblick in die Größe des Flächenzuwachses, d. h. die Vergrößerung, welche ein in beliebiger Höhe des Schaftes entnommener Querschnitt innerhalb eines gewissen Zeitraumes erfahren hat. Der Flächenzuwachs steigt wegen Vergrößerung der Radien bei gleichbleibendem Stärkezuwachs und kann aus dem gleichen Grund noch gleich bleiben, wenn dieser bereits sinkt.

Er stellt einen Kreisring dar und wird gemessen durch die Differenz der zu dem Durchmesser d und d′ am Anfang und Schluß der Periode gehörigen Kreisflächen g und g′.

Für die Bestimmung von d und d′ gelten die oben bezüglich der Ermittelung des Stärkezuwachses angegebenen Regeln.

Die außerdem noch empfohlenen Methoden zur Ermittelung des Flächenzuwachses, nämlich: Papierwägung (d. h. Wägung von Papierscheiben, deren Größe gleich ist den Flächen g und g′, wobei sich der Flächenzuwachs aus dem bekannten Gewichte der Flächeneinheit der betr. Papiersorte berechnen läßt) und Flächenberechnung mit Hilfe des Polarplanimeters sind viel zu umständlich, um bei einer größeren Untersuchungsreihe angewandt zu werden, ohne daß das dabei erhaltene Resultat genauer wäre, als jenes, welches durch Zugrundelegung des Mittels aus einer Mehrzahl von Durchmessern erhalten wird. In Spezialfällen können sie dagegen gute Dienste leisten.

Ebenso wie der Stärkezuwachs wird auch der Flächenzuwachs entweder für eine beschränkte Zahl von Perioden oder für alle auf einem Querschnitt vertretenen Lebensjahre berechnet.

Bezüglich der Verteilung des Stärke- und Flächenzuwachses am gleichen Stamm ist im allgemeinen folgendes zu bemerken:

Innerhalb des beasteten Teiles sinkt der Stärke- und Flächenzuwachs von unten nach oben bedeutend.

Bei den Stämmen eines normal geschlossenen Bestandes, welche der herrschenden Klasse angehören, aber keine ungewöhnlich stark entwickelte Krone besitzen, sind die Jahresringe unmittelbar unterhalb der Krone, sowie im Bereich des Wurzelanlaufs am breitesten. Längs des unbelaubten Schaftteiles besitzen im übrigen die Jahresringe entweder eine gleiche Breite oder nehmen doch von oben nach unten nur wenig ab.

Entsprechend dem nach unten stärker werdenden Durchmesser nimmt infolgedessen der Flächenzuwachs entweder zu oder bleibt etwa gleich.

Bei Bäumen mit schwach entwickelter Krone (geringere Stammklassen, Durchforstungsstämme) nimmt der Stärkezuwachs von oben nach unten ab, der Flächenzuwachs bleibt infolgedessen höchstens gleich oder nimmt ebenfalls ab. Der nämliche Fall kann auch bei herrschenden Stämmen in einzelnen Jahren eintreten, wenn der Zuwachs durch Witterungseinflüsse, Insektenfraß, Samenproduktion &c. sehr stark herabgesetzt wird.

Bei absterbenden Stämmen kann unten ein vollständiges Aussetzen der Jahresringe vorkommen.

Nach plötzlichen Freistellungen und im Lichtstand tritt sehr häufig eine bedeutende Zunahme der Ringbreite und deshalb eine noch stärkere Vermehrung des Flächenzuwachses in den unteren Stammteilen ein, während im oberen Teile des Schaftes die Ringbreite sich gleich bleibt oder sogar oft noch unter das bisherige Maß herabsinkt.

Diese Verhältnisse müssen wohl berücksichtigt werden, wenn man aus der Messung des Stärke- und Flächenzuwachses an einem einzelnen, noch dazu im untersten Stammteile gelegenen Querschnitt, wie dieses bei den Zuwachsuntersuchungen am stehenden Stamm stets der Fall ist, einen Schluß auf den Massenzuwachs des ganzen Stammes ziehen will.

Zur Erläuterung dieser Verhältnisse folgen die Ergebnisse einiger Untersuchungen:

a) Vergleich des Stärke- und Flächenzuwachses eines herrschenden und eines unterdrückten Stammes aus einem Weymouthskiefernbestand der Oberförsterei Rogelwitz für die Altersperiode 60—102 Jahre:

| Höhe am Stamm | 1. Durchmesserzuwachs | | 2. Flächenzuwachs | |
|---|---|---|---|---|
| | herrschend | unterdrückt | herrschend | unterdrückt |
| m | mm | mm | qcm | qcm |
| 1,0 | 58 | 4 | 278 | 11 |
| 4,4 | 55 | 5 | 238 | 12 |
| 8,5 | 55 | 9 | 208 | 18 |
| 12,6 | 63 | 16 | 202 | 25 |
| 17,0 | 88 | 33 | 220 | 37 |

b) Einfluß der Lichtung auf einen Kiefernstamm der Oberförsterei Freienwalde:

| Höhe am Stamm | Durchschnittliche Jahresringbreite in mm während: | | Durchschnittlicher jährlicher Flächenzuwachs in qcm während: | |
|---|---|---|---|---|
| m | des Lichtstandes (12 Jahre) | der 12 vorausgehenden Jahre | des Lichtstandes (12 Jahre) | der 12 vorausgehenden Jahre |
| 2 | 1,88 | 0,54 | 17,2 | 4,5 |
| 6 | 1,71 | 0,33 | 13,8 | 2,4 |
| 10 | 1,42 | 0,38 | 11,1 | 2,7 |
| 12 | 1,41 | 0,42 | 10,8 | 2,6 |

Der laufende Flächenzuwachs zeigt dem allgemeinen Gesetze entsprechend ein Ansteigen, eine Kulmination und ein Wiederabfallen. Der Verlauf dieser allgemeinen Entwickelung wird jedoch sehr durch äußere Verhältnisse beeinflußt, daher zeigt die Untersuchung des tatsächlichen Zuwachsganges einzelner Stämme vielfache Schwankungen, welche umsomehr hervortreten, je kürzere Zeitabschnitte miteinander verglichen werden, und je älter die Stämme selbst sind.

Während das Höhenwachstum sehr frühzeitig kulminiert und dann rasch abfällt, tritt das Maximum des laufend-jährlichen Flächenzuwachses erheblich später ein, sinkt langsam, und erhält sich oft ziemlich lange auf annähernd gleicher Höhe. Wirtschaftliche Maßregeln, namentlich Durchforstungen, üben auf den Gang des Höhenwachstums des einzelnen Stammes, von übermäßig dichten Jungwüchsen abgesehen keinen Einfluß, den Flächenzuwachs vermögen sie dagegen sehr wesentlich und günstig zu beeinflussen, namentlich läßt sich ein rasches und frühzeitiges Sinken hierdurch vermeiden.

Als Beispiele für den Verlauf des Stärke- und Flächenzuwachses sollen die Zahlen für eine 150 jährige Fichte (Oberhaus) und eine 210 jährige Buche (Chorin) mitgeteilt werden.

1. Fichte:

| Altersperiode | 0—30 | 31—60 | 61—90 | 91—120 | 121—150 |
|---|---|---|---|---|---|
| Stärkezuwachs in mm | 159 | 108 | 59 | 40 | 26 |
| Flächenzuwachs in qcm | 199 | 361 | 275 | 217 | 155 |

2. Buche:

| Altersperiode | 0—30 | 31—60 | 61—90 | 91—120 | 121—150 | 151—180 | 181—210 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Stärkezuwachs in mm | 52 | 106 | 77 | 101 | 98 | 46 | 22 |
| Flächenzuwachs in qcm | 21 | 175 | 238 | 453 | 592 | 331 | 161 |

Die Ermittelung des Flächenzuwachses nach vorwärts für kurze Perioden geschieht meist unter Benutzung des in der oben angegebenen Weise geschätzten Stärkezuwachses. Man kann ihn aber auch aus dem Flächenzuwachs mehrerer vorausgegangener Perioden nach der hier hervortretenden Tendenz schätzen. Der Einfluß wirtschaftlicher Maßregeln ist wohl zu beachten.

## § 59. Berechnung des Massenzuwachses nach dem Sektionsverfahren.

Um den Massenzuwachs berechnen zu können, müssen die Massen v und v′ zu Anfang und zu Ende der betreffenden Periode bekannt sein. Beide werden nach dem gewünschten Genauigkeitsgrade auf verschiedene Weise ermittelt.

Das im zweiten Abschnitte angegebene Verfahren zur Berechnung der gegenwärtigen (berindeten) Masse eines Stammes durch Zerlegung in eine Anzahl von Sektionen und Berechnung der letzteren als abgekürzte Paraboloide, läßt sich auch zur Lösung der vorliegenden Aufgabe verwenden. Der Stamm wird hierbei zunächst durch Zerschneiden in Sektionen von 2—4 m Länge (wobei der Schnitt stets in der Mitte der betr. Sektion geführt wird) zerlegt, hierauf mißt man auf den Schnittflächen die den einzelnen Perioden entsprechenden Durchmesser in der bekannten Weise, berechnet die zugehörigen Querflächen und erhält durch deren Multiplikation mit der Länge der Sektionen die Masse der letzteren und durch Addieren die Baummassen v und v′ zu Anfang und Ende der Periode.

**Beispiel einer Stammanalyse** (vergl. die zugehörige Höhenanalyse auf p. 135 und Figur 22).

Oberförsterei: Tzullkinnen. Holzart: Fichte. Stamm: Nr. 1.

| Höhe des Querschnitts | Durchmesser für die Alter | | | | | | | | Länge der Sektionen | Massenberechnung der Querflächen im Alter | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 | | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 |
| m | mm | | | | | | | | | qcm | | | | | | | |
| 1 | 554 | 464 | 388 | 309 | 218 | 132 | 89 | 18 | 2 | 2411 | 1691 | 1182 | 750 | 373 | 137 | 62 | 3 |
| 3 | 484 | 418 | 359 | 291 | 204 | 129 | 55 | | " | 1840 | 1372 | 1012 | 665 | 327 | 131 | 24 | |
| 5 | 454 | 392 | 333 | 266 | 181 | 105 | 21 | | " | 1619 | 1207 | 819 | 556 | 257 | 86 | 4 | |
| 7 | 437 | 376 | 316 | 250 | 164 | 78 | | | " | 1500 | 1110 | 784 | 491 | 211 | 48 | | |
| 9 | 425 | 361 | 304 | 237 | 132 | 45 | | | " | 1419 | 1024 | 726 | 441 | 137 | 16 | | |
| 11 | 401 | 338 | 276 | 206 | 115 | 10 | | | " | 1263 | 897 | 598 | 333 | 104 | | | |
| 13 | 373 | 310 | 239 | 159 | 53 | | | | " | 1093 | 755 | 449 | 199 | 22 | | | |
| 15 | 353 | 283 | 207 | 118 | 16 | | | | " | 979 | 629 | 337 | 109 | 2 | | | |
| 17 | 307 | 230 | 155 | 70 | | | | | " | 740 | 415 | 189 | 38 | | | | |
| 19 | 258 | 188 | 109 | 22 | | | | | " | 523 | 278 | 93 | 4 | | | | |
| 21 | 212 | 144 | 69 | | | | | | " | 353 | 163 | 37 | 2 | | | | |
| 23 | 162 | 99 | 26 | | | | | | " | 206 | 77 | 5 | | | | | |
| 25 | 113 | 48 | | | | | | | " | 100 | 18 | | | | | | |
| 26,5 | 81 | 10 | | | | | | | Sa.: a | 14046 | 9636 | 6231 | 3588 | 1433 | 419 | 90 | 3 |
| Dazu eine Sektion von 1 m Länge (zugleich | | | | | | | | | Sa.: b) | 52 | 1 | | | | | | |

Die Masse in den betr. Lebensjahren setzt sich zusammen aus:

| | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| jener der 2 m langen Sektionen = Sa.: a × 2 | 2,8092 | 1,9272 | 1,2462 | 0,7176 | 0,2866 | 0,0838 | 0,0180 | 0,0006 fm |
| " " 1 " " " = Sa.: b | 52 | 1 | . | . | . | . | . | . " |
| " " Endstücke | 8 | . | . | . | . | . | . | . " |
| Ganze Masse | 2,8152 | 1,9273 | 1,2462 | 0,7176 | 0,2866 | 0,0838 | 0,0180 | 0,006 fm |

Da die Stärke der Rinde für die früheren Lebensperioden nicht bekannt ist oder doch nur durch umständlich vergleichende Messungen ermittelt werden kann, so beziehen sich derartige Zuwachsberechnungen fast stets nur auf den unberindeten Stamm.

Die Ermittelung des Zuwachsganges eines Stammes für seine ganze bisherige Lebensperiode nennt man Stammanalyse.

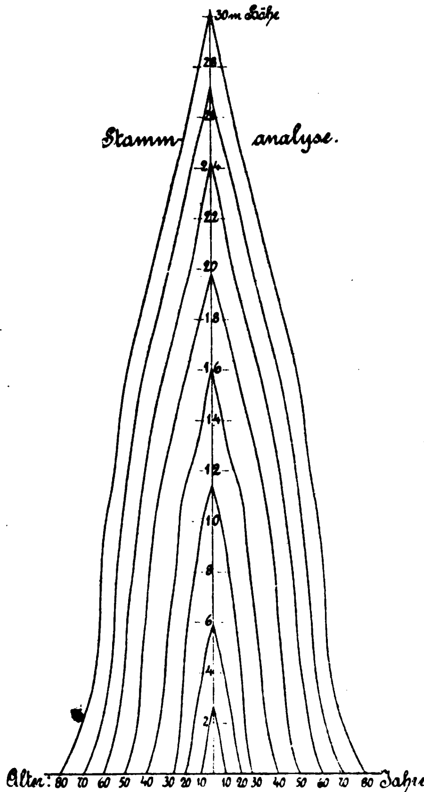



Fig. 22.

Durch diese wird entweder festgestellt, welches die Masse am Ende der einzelnen Dezennien, also im Alter von 10, 20, 30 ꝛc. Jahren gewesen ist oder die Aufgabe geht dahin, zu ermitteln, welches die Masse vor n, 2n ꝛc. Jahren gewesen ist.

Behufs Durchführung einer Stammanalyse wird der Stamm in Sektionen von 2—4 m Länge zerlegt, und auf jedem Querschnitt die Zahl der Jahresringe sowie die Größe des Durchmessers in den betreffenden Altersstufen in der bereits bekannten Weise ermittelt. Zum Zweck der Massenermittelung werden alsdann die Querflächen der einzelnen Sektionen mit deren Länge multipliziert und hierzu noch die Kubikinhalte der nicht eine volle Sektion langen Gipfelstücke addiert. Bei stärkeren Stämmen können die Gipfelstücke, welche die Mitte der Sektionen nicht erreichen, wegen ihres sehr kleinen Inhaltes vernachlässigt, die über die Mitte reichenden aber mit der vollen Sektionslänge in Rechnung gezogen werden.

Die Ergebnisse der Höhenanalyse und der Stärkemessung auf den einzelnen Sektionen lassen sich graphisch zu dem Bilde eines Schnittes durch die Längsachse des Baumes vereinigen. Zu diesem Zwecke werden auf Millimeter-Papier zuerst auf einer die Baumachse darstellenden Geraden die Höhenlagen der einzelnen Querschnitte sowie die Höhen, welche die Spitze des Baumes am Ende der einzelnen Zeitabschnitte erreicht hat, aufgetragen, sodann auf jedem Querschnitt die den einzelnen Perioden entsprechenden Radien nach beiden Seiten der Achse markiert und endlich die zusammengehörigen Punkte miteinander verbunden, wodurch man die Stammkurven der einzelnen Lebensabschnitte erhält (Figur 22).

Derartige Stammanalysen erstrecken sich nur auf die Schaftmasse, ausnahmsweise auch noch auf die stärkeren Äste, der Zuwachs des übrigen Astholzes bleibt unberücksichtigt.

### § 60. Berechnung des Massenzuwachses aus der Mittenstärke.

Wie das vorige Verfahren von der genaueren sektionsweisen Kubierung, so geht dieses von der Massenberechnung der Stämme nach Mittenstärke und Länge aus.

Man ermittelt hierbei die Länge l, welche der Stamm gegenwärtig besitzt, ebenso in $\frac{l}{2}$ den gegenwärtigen rindenlosen Durchmesser $\delta$; ferner durch Entwipfelung die Höhe $l_r$, welche der Stamm vor n Jahren besaß und die zu $\frac{l_r}{2}$ gehörige Stärke $\delta_r$ zu Anfang der Periode. Sind $\gamma$ und $\gamma_r$ die zu $\delta$ und $\delta_r$ gehörigen Querflächen, so ist der Zuwachs:

$$z_r = \gamma l - \gamma_r l_r.$$

Um beide Durchmesser an der gleichen Stelle messen zu können, hat Preßler vorgeschlagen, den Stamm zuerst um n (oder noch besser um 1,3 bis 1,4 n) Jahrestriebe zu kürzen und alsdann an die Stelle des „zuwachsrecht" entwipfelten Stammes, also in $\frac{l_r}{2}$ sowohl den früheren, als auch den gegenwärtigen Durchmesser zu bestimmen. Obige Formel geht dann über in:

$$z_r = \gamma l_r - \gamma_r l_r = l_r(\gamma - \gamma_r).$$

Der Fehler, welcher dadurch begangen wird, daß man $l_r$ auch als die gegenwärtige Höhe des Baumes, also um den n jährigen Längenzuwachs zu klein annimmt, soll dadurch ausgeglichen werden, daß $\delta$ etwas zu tief und daher um etwas zu groß gemessen wird.

Um $\delta_r$ zu messen ist es nicht notwendig den Stamm zu durchschneiden, sondern man kann auch den n jährigen Stärkezuwachs als Mittel der Messungen von mehreren, mittels des Zuwachsbohrers erhaltenen Spänen bestimmen und die doppelte Größe der Ringbreite vom jetzigen Durchmesser $\delta$ abziehen.

Nach dem gleichen Verfahren läßt sich auch der Massenzuwachs vorwärts schätzen, alsdann braucht man nur den Betrag des wahrscheinlichen Stärkezuwachses zu dem gegenwärtigen Durchmesser zu addieren und erhält den Zuwachs $z_f$ in der nächsten n jährigen Periode:

$$z_f = l(\gamma_f - \gamma).$$

Dieses Verfahren kann nur für die Ermittelung des Zuwachses während einer einzigen, nicht zu langen Periode benutzt werden.

## § 61. Zuwachsberechnung durch Anwendung von Formzahlen.

Bezeichnen g und l die Grundfläche bezw. Scheitelhöhe eines liegenden Stammes, ferner $g_r$ und $l_r$ die entsprechenden Elemente zu Anfang der Periode, so kann man zum Zweck der Massenberechnung entweder die gegenwärtige Formzahl f direkt messen und unterstellen, daß diese während der betreffenden Periode, falls sie nur kurz ist, unverändert geblieben sei, oder man kann die zu l und $l_r$ gehörige Formzahlen aus Tafeln entnehmen.

Im ersten Fall ist der Zuwachs:

$$z = glf - g_r l_r f$$

im zweiten:

$$z = glf - g_r l_r f_r$$

Ersteres Verfahren ist umständlicher und letzteres ungenauer, als das im vorigen Paragraphen beschriebene. Diese Methode der Zuwachsberechnung wird daher nur sehr selten angewandt.

Sie ist von Wagener in der zuletzt erwähnten Form zur Abkürzung der umständlichen Stammanalysen empfohlen worden.

Er wollte nur auf der Brusthöhenscheibe den Stärke- bezw. Flächenzuwachs, sowie durch die Höhenanalyse den Entwickelungsgang der Höhe feststellen und die Massen für die einzelnen Alters-

stufen dann mit Hilfe der Formzahlen, welche aus Tafeln entnommen werden, berechnen.

Wagener beschränkt allerdings die Ermittelung des Stärkezuwachses auf die in Brusthöhe entnommene Stammscheibe, bringt aber durch die aus Tafeln entnommenen Formzahlen ein erhebliches Moment der Ungenauigkeit in die Berechnung, weil ihr Verlauf dem speziellen Fall nur ausnahmsweise entsprechen wird.

Man macht daher von diesem Vorschlag nur sehr selten Gebrauch und vereinfacht die Arbeit lieber durch die Beschränkung der Zahl der Stammscheiben, indem man längere Sektionen nimmt, welche doch genügen, um die Formzahl des konkreten Baumes ersehen zu lassen.

## 2. Ermittelung des Zuwachsprozentes.

### § 62. Allgemeines über die Berechnung des Zuwachsprozentes.

Außer der Feststellung der absoluten Zuwachsgröße kommt für viele Aufgaben das Verhältnis in Betracht, welches zwischen der Zuwachsgröße und der Masse, an der sie erfolgt, besteht. Um einen von der konkreten Masse unabhängigen Ausdruck zu erhalten, bezieht man die Zuwachsleistung auf die Masse 100 sowie ein Jahr als Zeiteinheit, und erhält so das Zuwachsprozent.

Als Masse im Sinne vorstehender Definition können für die Zwecke der Holzmeßkunde: Höhe, Stärke, Fläche und Volumen (Holzmasse) in Betracht kommen. Man spricht demnach von einem Höhen-, Stärke-, Flächen- und Massen-Zuwachsprozent*).

Die Zuwachsleistung wird in weitaus den meisten Fällen entweder auf die zu Anfang der Periode oder auf die zur Mitte dieses Zeitraumes vorhandene Masse bezogen.

Im ersten Fall ist:

$$m : z = 100 : p \text{ und}$$

$$p = \frac{100\,z}{m}. \qquad 1)$$

*) Im folgenden bezeichnen:

d, g, v und p die gegenwärtige Größe des Durchmessers ꝛc.

$d_r$, $g_r$, $v_r$ die Größe des Durchmessers ꝛc. zu Anfang der Periode, sowie $p_r$ das Zuwachsprozent für die rückwärts liegende Periode.

$d_f$, $g_f$, $v_f$ die entsprechenden Werte am Schluß der kommenden Periode und $p_f$ das Zuwachsprozent nach vorwärts.

Wenn man für z den Ausdruck $m_f - m$ einführt und eine n jährige Periode annimmt, so ergibt sich:

$$p = \frac{100}{n} \cdot \frac{m_f - m}{m}. \qquad 2)$$

Im zweiten Fall muß man, wenn, wie gewöhnlich nur die Anfangsmasse m und die Endmasse $m_f$ gegeben sind, zunächst eine Annahme über den Gang des Zuwachses machen.

Wird unterstellt, daß der Zuwachs in jedem Jahr während des betrachteten Zeitraumes der gleiche ist, so nehmen die Massen in einer arithmetischen Reihe zu; der Gang des Zuwachses läßt sich alsdann durch eine gerade Linie darstellen.

Die Masse in der Mitte der Periode ist unter dieser Voraussetzung das Mittel aus den Massen zu Anfang und am Schlusse derselben, also $= \frac{m_f + m}{2}$; setzt man für den Zuwachs z den Ausdruck $m_f - m$, so ergibt sich:

$$\frac{m_f + m}{2} : (m_f - m) = 100 : p$$

$$p = \frac{m_f - m}{m_f + m} \cdot 200 \qquad 3)$$

Wird auch hier statt der einjährigen Periode eine n jährige zu Grunde gelegt, so geht die Formel 3 über in

$$p = \frac{m_f - m}{m_f + m} \cdot \frac{200}{n}. \qquad 4)$$

Derselbe Ausdruck ergibt sich, wenn man den Zuwachs in Prozenten der laufenden Masse ausdrückt und den Mittelwert dieses Prozentes berechnet*). Ändert sich der Zuwachs während der Periode, so gilt diese Formel nur annäherungsweise, und zwar gibt sie bei steigendem Zuwachs zu kleine, bei fallendem Zuwachs zu große Werte.

Die Formel 4 ist zuerst von Preßler, und zwar als Näherungsformel für die Rechnung nach Zinseszinsen $p = \left(\sqrt[n]{\frac{m_f}{m}} - 1\right) 100$ angegeben worden und wird daher als Preßler'sche Formel bezeichnet.

---

*) Schubert, Zur Berechnung des Massenzuwachses nach Prozenten, Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1888, p. 472.

Es ist jedoch keineswegs notwendig, die tatsächlich unrichtige Voraussetzung zu machen, daß der Massenzuwachs nach Zinseszinsen erfolge, sondern man erhält die dem wirklichen Wachstumsgang sehr gut entsprechende Formel auch bei Unterstellung einfacher Zinsen, sobald man das Zuwachsprozent nicht auf die Anfangsmasse, sondern auf die Mittenmasse bezieht, was für viele Untersuchungen zweckmäßig ist.

Bei Vergleichung des nach Formel 4 berechneten Zuwachsprozentes mit dem tatsächlichen Wachstumsgang, zeigt sich, daß die entstehenden Differenzen nur sehr gering sind, namentlich dann, wenn man von den jüngsten Altersklassen (etwa unter 40 Jahren), absieht, in denen allerdings eine raschere Änderung eintritt. Man kann also ohne einen nennenswerten Fehler zu begehen, annehmen, daß in der Tat, wenigstens in den mittleren und höheren Lebensaltern, für welche die Zuwachsprozente doch hauptsächlich in Betracht gezogen werden, die Massen für eine nicht allzulange Periode annähernd genau nach den Gesetzen einer arithmetischen Reihe zunehmen.

Bei Vergleichung der Formel 2 mit Formel 4 zeigt sich, daß erstere stets größere Zuwachsprozente ergeben muß. Der Unterschied ist um so größer, je rascher die Massenkurve ansteigt, d. h. er wächst mit der Größe des Zuwachsprozentes selbst und ist unter sonst gleichen Umständen bei fallendem Zuwachs größer als bei steigendem.

Beide Methoden der Berechnung des Zuwachsprozentes haben ihre Berechtigung. Jene, welche von der Masse zu Anfang der Periode ausgeht, leistet dann gute Dienste, wenn es sich darum handelt, aus der jetzigen Masse und einem bekannten, ähnlichen Verhältnisse entnommenen p den Zuwachs z zu berechnen. Es ist alsdann:

$$z = \frac{m\,p}{100} \cdot n$$

Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, daß sich p fortwährend ändert, man darf also bei Zuwachsberechnungen nach vorwärts für längere Perioden nicht das gegenwärtige Prozent anwenden, sondern jenes, welches deren Mitte entspricht. Derartige Aufgaben liegen bei der Forsteinrichtung vielfach vor.

Wenn man aber p nach Formel 4 berechnet, so erhält man einen guten Einblick in den Zuwachsgang während einer be-

stimmten Periode, was namentlich für die meisten forststatischen Untersuchungen von Wichtigkeit ist. Außerdem bekommt man für die Zuwachsberechnung sofort ein für die Mitte der Periode berechnetes p.

Wenn man für $m_f$ bezw. m in Formel 2 und 4 nach einander Höhe, Durchmesser, Fläche und Volumen einsetzt, erhält man:

| | auf den Anfang der Periode bezogen: | für die Mitte der Periode bezw. auf die laufende Masse bezogen: |
|---|---|---|
| Höhenzuwachsprozent: | $p_h = \frac{100}{n} \cdot \frac{h_f - h}{h}$ | $\frac{h_f - h}{h_f + h} \cdot \frac{200}{n}$ |
| Stärkezuwachsprozent: | $p_d = \frac{100}{n} \cdot \frac{d_f - d}{d}$ | $\frac{d_f - d}{d_f + d} \cdot \frac{200}{n}$ |
| Flächenzuwachsprozent: | $p_g = \frac{100}{n} \cdot \frac{g_f - g}{g}$ | $\frac{g_f - g}{g_f + g} \cdot \frac{200}{n}$ |
| Volumenzuwachsprozent: | $p_v = \frac{100}{n} \cdot \frac{v_f - v}{v}$ | $\frac{v_f - v}{v_f + v} \cdot \frac{200}{n}$ |

Will man diese Formeln zur Berechnung des Zuwachsprozentes in der nächsten n jährigen Periode anwenden, so ist m gleich der jetzigen Größe der Höhe, des Durchmessers u. s. w. und ist deren Größe $m_f$ am Ende der Periode nach den früher angegebenen Gesichtspunkten einzuschätzen.

Hinsichtlich des Ganges der Zuwachsprozente ist zu bemerken, daß sie mit sehr hohen Beträgen beginnen (auf den Anfangswert bezogen: mit $\infty$, weil $p_o = \frac{100}{n} \cdot \frac{m - o}{o}$; auf die Mitte der Periode bezogen, hängt der Anfangswert von der Länge der Periode ab und beträgt für ein Jahr 200, da $p = \frac{m + o}{m - o} \cdot \frac{200}{n}$). Die Prozente fallen mit zunehmendem Alter zuerst rasch, dann langsam, zeigen aber in ihrem Verlaufe mannigfache von Wachstumsverhältnissen abhängige Schwankungen.

Bezüglich eines Zahlenbeispieles für den Gang der verschiedenen Arten von Zuwachsprozenten wird auf p. 149 verwiesen.

## § 63. Berechnung des Massenzuwachsprozentes am liegenden Stamme.

Oben ist gezeigt worden, daß am zuwachsrecht entwipfelten Stamm die Volumina zu Anfang und zu Ende der Periode ausgedrückt werden durch die Formeln:

$$v_r = g_r l \text{ und } v = gl.$$

Setzt man diese Ausdrücke für $v_r$ und $v$ in die Formel für das Volumenzuwachsprozent ein, so erhält man:

$$p_v = \frac{gl - g_r l_r}{gl + g_r l_r} \cdot \frac{200}{n} = \frac{g - g_r}{g + g_r} \cdot \frac{200}{n} \qquad 1)$$

Letzterer Ausdruck ist aber auch gleich $p_g$ (vergl. oben p. 142), d. h. bei zuwachsrechter Entwipfelung ist das Volumenzuwachsprozent gleich dem Flächenzuwachsprozent der Mittenfläche.

Eine Untersuchungsreihe über die Höhen, in welchen das Flächenzuwachsprozent dem Massenzuwachsprozent gleich wird, hat ergeben, daß dieses infolge der Formveränderung am Schaft keineswegs immer in der Mitte des zuwachsrecht entwipfelten Stammes der Fall ist, sondern daß in dieser Beziehung erhebliche Schwankungen vorkommen und im allgemeinen der betr. Querschnitt bei 0,40 bis 0,45 der Totalhöhe liegt.

Es ist deshalb angezeigt, bei der zuwachsrechten Entwipfelung nicht nur um n Höhentriebe, sondern, wie auch Preßler vorgeschlagen hat, weiter, und zwar mindestens um 1,3 bis 1,5 n Höhentrieb zurückzugehen. Bei sehr alten Stämmen, deren Höhenwachstum in der Regel nur ein äußerst geringfügiges ist, muß man noch erheblich weiter herunterrücken (2n bis 3n).

Setzt man in 1) für $g$ und $g_r$ die Werte $\frac{\pi}{4} d^2$ und $\frac{\pi}{4} d_r^2$ ein, so wird:

$$p_g = \frac{\frac{\pi}{4} d^2 - \frac{\pi}{4} d_r^2}{\frac{\pi}{4} d^2 + \frac{\pi}{4} d_r^2} \cdot \frac{200}{n} = \frac{d^2 - d_r^2}{d^2 + d_r^2} \cdot \frac{200}{n} \qquad 2)$$

Preßler hat diesen Ausdruck noch dadurch umgestaltet, sowie für die Einrichtung und den Gebrauch von Tafeln brauchbarer gemacht,

daß er $\frac{d}{d - d_r} = \frac{d}{z}$ als den „relativen Durchmesser" r bezeichnete.

Aus $\frac{d}{d - d_r} = \frac{d}{r} = r$ erhält man für d und $d_r$ folgende Werte:

$$d = rz$$

$$d_r = rz - z = z\,(r - 1).$$

Führt man diese Werte in Formel 2 ein, so hat man:

$$p_r = \frac{r^2z^2 - z^2\,(r - 1)^2}{r^2z^2 + z^2\,(r - 1)^2} \cdot \frac{200}{n} = \frac{r^2 - (r - 1)^2}{r + (r - 1)^2} \cdot \frac{200}{n} \qquad 3)$$

Für die Berechnung des Zuwachsprozentes nach vorwärts bezeichnet man d + z als $d_f$ und erhält alsdann:

$$\frac{d}{d_f - d} = \frac{d}{z} = r.$$

Hieraus wird in analoger Weise wie oben:

$$d = rz \text{ und } d_f = z\,(r + 1).$$

Bei Einführung dieser Werte in Formel 2 wird das Zuwachsprozent vorwärts:

$$p_v = \frac{z^2(r + 1)^2 - r^2z^2}{z^2(r + 1)^2 + r^2z^2} \cdot \frac{200}{n} = \frac{(r + 1)^2 - r^2}{(r + 1)^2 + r^2} \cdot \frac{200}{n} \qquad 4)$$

Die Werte von $p_r$ und p hat Preßler in Tafel 23 seines Hilfsbuches*) für alle Größen von r = 2.0 bis r = 200 zusammengestellt.

Auf die Berechnung des Zuwachsprozentes liegender Stämme kann in analoger Weise auch die Schneidersche Formel $\frac{400}{nd}$ angewendet werden, deren Besprechung des Zusammenhanges wegen erst im § 66 folgt.

## § 64. Ermittelung des Massenzuwachsprozentes an stehenden Bäumen nach Preßler.

Die Berechnung der gegenwärtigen Masse stehender Bäume ist, wie früher erörtert, immer nur mit ungleich geringerem Genauigkeitsgrad möglich, als jene gefällter Stämme; in noch höherem Grade gilt dieses für Ermittelung des Massenzuwachses und Massen-

*) Preßler, Holzwirtschaftliche Tafeln, Berlin 1872.

zuwachsprozentes. Die einzigen Größen, welche hierbei für den früheren Stamm richtig bestimmt werden können, sind der Durchmesser und die Kreisfläche in Brusthöhe; bezüglich der übrigen massenbildenden Elemente: Höhe und Formzahl, ist man lediglich auf gutachtliche Schätzung angewiesen.

Als Anhaltspunkte für diese Rechnungen hat Preßler folgende zwei Annahmen gemacht:

a. Es findet weder Höhen- noch Formzuwachs statt;

b. Höhenzuwachs ist vorhanden, und zwar proportional dem Stärkezuwachs, dagegen bleibt die Formzahl unverändert.

Im ersten Fall, welcher die Untergrenze des Zuwachsprozentes darstellt, lassen sich die Volumina v und $v_r$ durch folgende Formeln ausdrücken:

$$v = \frac{\pi}{4} d^2 hf \text{ und } v_r = \frac{\pi}{4} d_r^2 hf$$

Setzt man diese in die Formel des Volumenzuwachsprozentes ein, so wird:

$$p_1 = \frac{\frac{\pi}{4} d^2 hf - \frac{\pi}{4} d_r^2 hf}{\frac{\pi}{4} d^2 hf + \frac{\pi}{4} d_r^2 hf} \cdot \frac{200}{n} = \frac{d^2 - d_r^2}{d^2 + d_r^2} \cdot \frac{200}{n} \qquad 1)$$

und bei Einführung des relativen Durchmessers r wie oben:

$$p_1 = \frac{r^2 - (r-1)^2}{r^2 + (r-1)^2} \cdot \frac{200}{n} \qquad 2)$$

Im zweiten Fall ist die Voraussetzung gemäß:

$$h_r : h = d_r : d$$

oder

$$h = \frac{h_r d}{d_r}$$

Da

$$v_r : v = \frac{\pi}{4} d_r^2 h_r f : \frac{\pi}{4} d^2 hf$$

so ist auch

$$v_r : v = \frac{\pi}{4} d_r^2 h_r f : \frac{\pi}{4} d^2 \frac{h_r d}{d_r} f$$

und

$$v_r : v = d_r^3 : d^3$$

Demgemäß ist:

$$p_2 = \frac{d^3 - d_r^3}{d^3 + d_r^3} \cdot \frac{200}{n} = \frac{r^3 - (r-1)^3}{r^3 + (r-1)^3} \cdot \frac{200}{n} \qquad 3)$$

Als Obergrenze des Zuwachsprozentes nimmt Preßler jenes Verhältnis an, in welchem auch noch längs des unbeasteten Teils eine Vergrößerung der Formzahl stattfindet und drückt dieses durch die Formel aus:

$$p_3 = \frac{d^{3\frac{1}{3}} - d_r^{3\frac{1}{3}}}{d^{3\frac{1}{3}} + d_r^{3\frac{1}{3}}} \cdot \frac{200}{n} = \frac{r^{3\frac{1}{3}} - (r-1)^{3\frac{1}{3}}}{r^{3\frac{1}{3}} + (r-1)^{3\frac{1}{3}}} \cdot \frac{200}{n} \qquad 4)$$

Die Ausdrücke für das Zuwachsprozent nach vorwärts sind analog folgende:

$$p_1 = \frac{d_f^2 - d^2}{d_f^2 + d^2} \cdot \frac{200}{n} = \frac{(r+1)^2 - r^2}{(r+1)^2 + r^2} \cdot \frac{200}{n}$$

$$p_2 = \frac{d_f^3 - d^3}{d_f^3 + d^3} \cdot \frac{200}{n} = \frac{(r+1)^3 - r^3}{(r+1)^3 + r^3} \cdot \frac{200}{n}$$

$$p_3 = \frac{d_f^{3\frac{1}{3}} - d^{3\frac{1}{3}}}{d_f^{3\frac{1}{3}} + d^{3\frac{1}{3}}} \cdot \frac{200}{n} = \frac{(r+1)^{3\frac{1}{3}} - r^{3\frac{1}{3}}}{(r+1)^{3\frac{1}{3}} + r^{3\frac{1}{3}}} \cdot \frac{200}{n}$$

Die Rechnung nach dem relativen Durchmesser wird nach Heß dadurch vereinfacht, daß man für n so viele Jahresringe annimmt, als auf ¹/₂ cm gehen. Dann ist

$$z = 1 \text{ und } d = r$$

$$\frac{d}{d - d_r} = \frac{d}{d - (d-1)} = \frac{d}{1}$$

Die Werte für $p_1$ sind in Tafel 23, jene für $p_2$ und $p_3$ in Tafel 24 von Preßler's Forstlichem Hilfsbuch enthalten, wo zwischen $p_1$ und $p_2$ noch zwei weitere Stufen (II und III) für die Exponenten 2¹/₃ und 2²/₃ interpoliert sind.

Um in einem konkreten Fall entscheiden zu können, welche der verschiedenen Formeln zur Berechnung des Zuwachsprozentes anzuwenden sind, hat Preßler folgende Tabelle angegeben. in welcher dieses in Relation zum Höhenzuwachs und Kronenansatz gebracht wird:

| Beim Kronenansatz | und beim Höhenzuwachs: | | | |
|---|---|---|---|---|
| | scheinbar fehlend | mittelmäßig | voll*) | übervoll |
| | schätze nach Stufe: | | | |
| tief (¹/₂ h oder tiefer) | II | III¹/₂ | IV | IV¹/₂ |
| mittel (zwischen ¹/₃ und ²/₄ h) | II¹/₂ | III | IV¹/₂ | V |
| hoch (²/₄ h und höher) | III | IV | V | |

*) Voller Höhenzuwachs ist vorhanden, wenn $\frac{h}{h - h_r} = \frac{d}{d - d_r}$. (G. König.)

Den einzelnen Stufen entsprechen folgende Exponenten von d bezw. r in obigen Formeln:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Stufe | II | Exponent | $2^1/_3$ |
| „ | III | „ | $2^2/_3$ |
| „ | IV | „ | 3 |
| „ | V | „ | $3^1/_3$ |

Für Stufe I (Höhenzuwachs = 0 und Kronenansatz sehr tief) ist der Exponent = 2, also das Massenzuwachsprozent = dem Flächenzuwachsprozent der Grundfläche.

Diese Anleitung zur Schätzung der Zuwachsstufe ist unrichtig, weil ein gesetzmäßiger Zusammenhang zwischen Massenzuwachs und Höhenzuwachs nicht besteht; das Maximum des laufendjährlichen Massenzuwachses fällt häufig in jene höhere Altersstufen, in welchen der Höhenzuwachs nur noch gering ist. Man ist deshalb für die Anwendung der Preßler'schen Formel immer auf Einschätzung der Zuwachsstufe nach gutachtlichem Befinden angewiesen. Auch in haubaren, aber noch nicht überalten Beständen kann man auf mittleren und besseren Standorten meist noch mit den Preßler-schen Stufen II und III (Exponent $2^1/_3$ und $2^2/_3$) rechnen.

### § 65. Zusammenhang zwischen Durchmesser-, Flächen- und Massenzuwachsprozent.

Das Flächenzuwachsprozent läßt sich in einfacher Weise aus dem korrespondierenden Stärkezuwachsprozent ableiten, wenn p den Zuwachs in Prozenten der Anfangsmasse ausdrücken soll.

Es verhält sich nämlich $d_r : d = 100 : (100 + p_d)$ 1)

und $g_r : g = 100 : (100 + p_g)$ 2)

Aus 1 ergibt sich:

$$d_r^2 : d^2 = 100^2 : (100 + p_d)^2 = 100^2 : (100^2 + 200\,p_d + p_d^2)$$

Dividiert man Zähler und Nenner des Quotienten der rechten Seite durch 100 und multipliziert jene der linken mit $\frac{\pi}{4}$, so erhält man:

$$\frac{\pi}{4} d_r^2 : \frac{\pi}{4} d^2 = 100 : \left(100 + 2p_d + \frac{p_d^2}{100}\right) \qquad 3)$$

Da statt $\frac{\pi}{4} d_r^2$ und $\frac{\pi}{4} d^2$ die Größen $g_r$ bez. g eingesetzt werden

können, so sind die linken Seiten der Formeln 2 und 3 einander gleich, also

$$\frac{100}{100 + p_g} = \frac{100}{100 + 2\,p_d + \frac{p_d^2}{100}} \text{ oder}$$

$$p_g = 2\,p_d + \frac{p_d^2}{100} \qquad 4)$$

Da $p_d$ für die mittleren und höheren Lebensalter sehr klein ist, so darf $\frac{p_d^2}{100}$ gegen $2p_d$ vernachlässigt werden; das Flächenzuwachsprozent ist demnach gleich dem dopelten zugehörigen Stärkezuwachsprozent, also

$$p_g = 2p_d.$$

Beim liegenden Stamm ist, wie auf p. 143 gezeigt wurde, unter Voraussetzung zuwachsrechter Entwipfelung das Massenzuwachsprozent ebenfalls gleich dem Flächenzuwachsprozent in $\frac{1}{2}$. In älteren Beständen kann man bei taxatorischen Arbeiten ohne einen nennenswerten Fehler zu machen, von der zuwachsrechten Entwipfelung absehen und statt dessen die Messung an den in gewöhnlicher Weise, jedoch nicht auffallend kurz, abgelängten Stämmen vornehmen.

Beim stehenden Stamm ergibt sich das Massenzuwachsprozent in jenen Fällen, in welchen die Volumina zu Anfang und Ende der Zuwachsperiode sich verhalten wie die dritten Potenzen des zugehörigen Durchmessers in Brusthöhe (Preßler'sche Stufe IV) in folgender Weise aus dem Flächenzuwachsprozent in Brusthöhe.

$$v_r : v = d_r^3 : d^3 = 100^3 : (100 + p_d)^3$$

$$v_r : v = 100 \cdot 100^2 : (100 \cdot 100^2 + 3 \cdot 100^2 p_d + 3 \cdot 100 p^2_d + p_d^3)$$

$$v_r : v = 100 : \left(100 + 3p_d + \frac{3p_d^2}{100} + \frac{p_d^3}{100^2}\right)$$

Vernachlässigt man die beiden letzten Glieder des Klammerausdruckes, so ergibt sich $\frac{v_r}{v} = \frac{100}{100 + 3p_d}$, d. h. das Massenzuwachsprozent ist gleich dem dreifachen Stärkezuwachsprozent. Die Untergrenze des Massenzuwachsprozentes am stehenden Stamm (Preßler'sche Stufe I) ist gegeben durch das Flächen-

zuwachsprozent oder dem doppelten Stärkezuwachsprozent in Brusthöhe. Das Maximum des Massen-Zuwachsprozents entspricht dem Dreiundeinhalbfachen dieses Stärkezuwachsprozentes.

Als Beispiel für den Gang der verschiedenen Zuwachsprozente und deren gegenseitiges Verhältnis folgen nachstehend die Werte für einen 203jährigen Kiefernstamm aus der Oberförsterei Cladow nach Altersperioden von 30 Jahren:

| Altersperiode: | 0—30 | 31—60 | 61—90 | 91—120 | 121—150 | 151—180 | 181—210 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Durchmesserzuwachsprozent: | 6,67 | 2,20 | 1,17 | 1,15 | 0,78 | 0,52 | 0,30 |
| Flächenzuwachsprozent: | 6,67 | 4,00 | 2,26 | 2,24 | 1,55 | 1,03 | 0,60 |
| Massenzuwachsprozent: | 6,67 | 5,13 | 3,27 | 2,71 | 1,77 | 1,20 | 0,87 |
| Flächenzuwachsprozent / Durchmesserzuwachsprozent | = | 1,82 | 1,93 | 1,95 | 1,99 | 1,98 | 2,00 |
| Massenzuwachsprozent / Durchmesserzuwachsprozent | = | 2,33 | 2,79 | 2,36 | 2,27 | 2,30 | 2,90 |

## § 66. Ermittelung des Zuwachsprozentes stehender Stämme nach Schneider.

Schneider*) betrachtete die Zuwachsverhältnisse der Stämme lediglich nach der Zunahme der Durchmesser bezw. der Kreisflächen in Brusthöhe und setzte voraus, daß der Höhenzuwachs fehle und die Formzahl in der nächsten Zeit eine Veränderung nicht erfahren werde.

Als Maßstab für den Stärkezuwachs nimmt Schneider den Quotienten an, welcher sich ergibt, wenn man den Zuwachs von der Stärke eines cm (Zolles) durch die Anzahl Jahre dividiert, welche der Baum braucht, um im Radius um einen cm (Zoll) stärker zu werden.

Besitzt der Zuwachsring eine Stärke von $\frac{1}{n}$ der betr. Maßeinheit (Zentimeter, Zoll), so wird, wenn man den gegenwärtigen Durchmesser mit d bezeichnet, der Durchmesser des letzten Jahres $d - \frac{2}{n}$, jener des folgenden Jahres $d + \frac{2}{n}$ betragen. Der jetzige Inhalt des Baumes ist $\frac{\pi}{4} d^2 hf$, jener des vorjährigen $\frac{\pi}{4}\left(d - \frac{2}{n}\right)^2 hf$, jener des folgenden $\frac{\pi}{4}\left(d + \frac{2}{n}\right)^2 hf$.

*) Schneider war Professor der Mathematik an der Forstakademie Eberswalde und hat diese Formel im Jahre 1853 publiziert.

Der letztjährige Zuwachs ist:

$$\frac{\pi}{4} d^2hf - \frac{\pi}{4}\left(d - \frac{2}{n}\right)^2 hf = \frac{\pi hf}{4}\left(\frac{4d}{n} - \frac{4}{n^2}\right),$$

das Zuwachsprozent wird demnach:

$$\frac{\pi}{4} d^2hf : \frac{\pi hf}{4}\left(\frac{4d}{n} - \frac{4}{n^2}\right) = 100 : p$$

$$d^2 : \left(\frac{4d}{n} - \frac{4}{n^2}\right) = 100 : p$$

$$p_r = \frac{400}{nd} - \frac{400}{n^2d^2}$$

Setzt man die gegenwärtige Masse des Baumes zu der nächstjährigen in Relation, so erhält man

$$p_f = \frac{400}{nd} + \frac{400}{n^2d^2}$$

In beiden Fällen verschwindet $\frac{400}{n^2d^2}$ gegen $\frac{400}{nd}$, so daß also die Formel für das gegenwärtige Zuwachsprozent lautet:

$$p = \frac{400}{nd}$$

Die Schneider'sche Formel entspricht der Preßler'schen Minimalstufe und trifft daher für die Berechnung des Massenzuwachsprozentes liegender Stämme aus der Mittenstärke genau zu, liefert aber beim stehenden Stamme in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle zu geringe Resultate.

Stötzer*) hat deshalb eine entsprechende Erweiterung der Schneider'schen Formel gegeben.

Oben wurde gezeigt, daß für den Fall gleichbleibender Form, aber vollen Höhenzuwachses die Volumina sich verhalten wie die dritten Potenzen der Durchmesser.

Berechnet man das Zuwachsprozent nach Schneider unter dieser Voraussetzung, so ist

$$v : (v + z) = d^3 : \left(d + \frac{2}{n}\right)^3$$

oder $$100 : (100 + p) = d^3 : \left(d^3 + \frac{6d^2}{n} + \frac{12d}{n^2} + \frac{8}{n^3}\right)$$

*) Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen 1880, p. 457 ff.

$$100 : p = d^3 : \left(\frac{6d^2}{n} + \frac{12d}{n^2} + \frac{8}{n^3}\right)$$

$$p_f = \frac{600}{nd} + \frac{1200}{n^2d^2} + \frac{800}{n^3d^3}$$

Für die vorjährige Masse ergibt sich in analoger Weise:

$$p_r = \frac{600}{nd} - \frac{1200}{n^2d^2} + \frac{800}{n^3d^3}$$

Läßt man in beiden Fällen $\frac{800}{n^3d^3}$ außer Ansatz und nimmt die Mitte aus beiden Prozenten, so ist:

$$p = \frac{600}{nd}.$$

Stötzer hat noch als weiteren Fall angenommen, daß die Höhen im Verhältnis der Durchmesserquadrate wachsen, was dann zutrifft, wenn die Bäume als Paraboloide betrachtet werden dürfen. Alsdann ist

$$v_r : v = d_r^2 h_r : d^2 h$$

$$v_r : v = d_r^2 h_r : d^2 \frac{h_r d^2}{d_r^2}$$

$$v_r : v = d_r^4 : d^4.$$

Hier verhalten sich also die Massen der zu vergleichenden Baumkörper, wie die vierten Potenzen der Durchmesser.

Das Zuwachsprozent wird alsdann

$$100 : (100 \pm p) = d^4 : \left(d \pm \frac{2}{n}\right)^4$$

und nach einigen Reduktionen erhält man:

$$p = \frac{800}{nd}$$

Das Preßlersche Verfahren ist insofern von dem Schneiderschen verschieden, als es nicht den eben laufenden Zuwachs zu Grunde legt, sondern eine Zuwachsperiode vorwärts und eine rückwärts unterscheidet*).

Man kann auch mit der Schneiderschen Formel den künftigen und den rückwärts liegenden Zuwachs ermitteln, wenn man nicht

*) Die Schneidersche Formel sowohl als auch jene von Preßler lassen sich aus einer älteren von König angegebenen ableiten, welche dieser in Laurops Jahrbüchern 1823 veröffentlicht hat.

den gegenwärtigen Durchmesser einsetzt, sondern jenen, welcher der Mitte der kommenden bez. der vergangenen Periode entspricht.

Die beiden besprochenen Formeln sind für die Berechnung des Zuwachsprozentes gleichmäßig geeignet, jene von Schneider ist für die Rechnung bequemer, ein Umstand, welcher bei der Preßlerschen Formel durch die Hilfstafeln ausgeglichen wird.

Die Preßlerschen Stufen entsprechen nebenstehenden Exponenten seiner Formel und annähernd den beigefügten Konstanten der Schneider'schen Formel*):

| Stufe nach Preßler | Exponent der Formel | Konstante der Schneider'schen Formel |
|---|---|---|
| I | 2 | 400 |
| II | $2^1/_3$ | 450 |
| III | $2^2/_3$ | 550 |
| IV | 3 | 600 |
| V | $3^1/_3$ | 675 |

Die Schwierigkeit für ihre Anwendung liegt in der Unmöglichkeit, bei der Preßlerschen Formel den jeweils einzuführenden Exponenten bei jener von Schneider die Konstante sicher zu bestimmen.

Selbst bei regelmäßigen Beständen sind die Unterschiede im Verhältnis des Stärkezuwachses zum Massenzuwachs zwischen den einzelnen Stämmen doch ungemein bedeutend. Bei einer Untersuchung über diese Verhältnisse**) hat sich ergeben, daß die Grenzen, innerhalb welcher das Verhältnis des Stärkezuwachsprozentes zum Massenzuwachsprozent schwankt, viel weiter sind, als gewöhnlich angenommen wird. Sie waren hierbei nicht: 2 und 3,5, sondern 2,23 und 6,37; im allgemeinen nimmt der Quotient $\frac{\text{Massenzuwachsprozent}}{\text{Stärkezuwachsprozent}}$ mit dem Alter ab; in welcher Weise jedoch diese Abnahme erfolgt, ist bis jetzt noch nicht ermittelt. In der gleichen Untersuchungsreihe variierten die Schneiderschen Konstanten zwischen 928 und 457, welche Extreme bemerkenswerter Weise in dem gleichen Bestande vorkamen.

---

*) Stötzer, Forsteinrichtung, p. 110.

**) Schwappach, Über Zuwachsprozente, Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1888, p. 467.

Im allgemeinen läßt sich nur sagen, daß die Exponenten bez. Konstanten um so höher sind, je jünger und wuchsfreudiger das betr. Individuum ist. In angehend haubaren (jedoch nicht überalten) Beständen von mittleren Schlußverhältnissen wird man je nach den Verhältnissen der Exponenten $2^1/_2$—3 bez. die Konstanten 500—600 anwenden, hat jedoch wohl zu berücksichtigen, ob in der letzten Zeit solche wirtschaftliche Operationen am Bestand vorgenommen worden sind, welche das Verhältnis des Stärkezuwachses in Brusthöhe gegen jenen in den mittleren Stammpartien erheblich verändert haben.

## II. Zuwachsermittelung an Beständen.

### § 67. Einleitung.

Während es möglich ist, am Einzelstamm den Entwickelungsgang der Masse und der einzelnen massenbildenden Faktoren für jede beliebige, rückwärts gelegene Periode, sowie für das Gesamtalter mit aller Schärfe zu verfolgen, gibt es keine Methode, welche gestattet, mit der gleichen Exaktheit die nämlichen Untersuchungen an einem Bestand auszuführen.

Der Grund hierfür liegt in dem Abgang an Stämmen, welcher aus verschiedenen Ursachen fortwährend erfolgt.

Analysen von Probestämmen zeigen stets nur den Entwickelungsgang der jetzt noch vorhandenen Individuen, geben dagegen keinen Aufschluß bezüglich der sogenannten Ergänzungsstämme, welche mit jenen zusammen den Vollbestand in den früheren Lebensaltern gebildet haben.

Nur der Gang des Höhenwachstumes läßt sich mit einiger Sicherheit aus der Analyse der Probestämme des dermaligen Bestandes ableiten.

Wenn man von der im großen und ganzen zutreffenden Annahme ausgeht, daß die höchsten Stämme des jugendlichen Bestandes in den späteren Lebensaltern von den schwächeren nicht mehr überholt werden, so kann man das Mittel aus den Höhenanalysen der Probestämme als jene Größe betrachten, welche dem Durchschnitt der höchsten Stämme dieses Bestandes in den früheren Lebensaltern, der Oberhöhe, entspricht. Um vollständig sicher zu gehen, zieht man nicht die Probestämme aus sämtlichen Klassen, sondern

nur jene aus den stärksten und damit auch höchsten Klassen für diese Untersuchung heran. Bezüglich der Abgrenzung der Klasse, deren Höhe als Oberhöhe betrachtet wird, sind die Ansichten der Autoren nicht ganz übereinstimmend.

Es ist nun zuerst von Weise nachgewiesen worden, daß zwischen dem Gang der Oberhöhe und jenem der Mittelhöhe ein gesetzmäßiger Zusammenhang besteht, so daß es möglich ist, aus der einen die andere abzuleiten.

Für die Kiefer in Norddeutschland gilt z. B. nach meinen Ermittelungen folgendes Verhältnis:

| Mittelhöhe | Oberhöhe*) | Differenz | Mittelhöhe | Oberhöhe*) | Differenz |
|---|---|---|---|---|---|
| m | m | dcm | m | m | dcm |
| 6 | 6,2 | 2 | 18 | 18,9 | 9 |
| 8 | 8,3 | 3 | 20 | 21,0 | 10 |
| 10 | 10,5 | 5 | 22 | 23,0 | 10 |
| 12 | 12,6 | 6 | 24 | 24,9 | 9 |
| 14 | 14,7 | 7 | 26 | 26,8 | 8 |
| 16 | 16,8 | 8 | 28 | 28,7 | 7 |

Bei den Schattenholzarten, wo noch im mittleren Lebensalter bis dahin zurückgebliebene Stämme beim Genuß reichlicheren Lichtes sich späterhin zu herrschenden Stämmen entwickeln können, tritt der Zusammenhang zwischen dem Verlauf von Mittel- und Oberhöhe nicht so gesetzmäßig hervor, wie bei Lichtholzarten. Bezüglich der Kreisfläche und der Masse bestehen solche direkt festzustellenden Beziehungen nicht.

Man kann daher an einem Bestand durch unmittelbare Untersuchung niemals dessen Zusammensetzung und Beschaffenheit in früheren Lebensaltern nach Stammzahl, Stammgrundfläche und Masse ermitteln, sobald wegen der Länge der betr. Periode nennenswerter Abgang an Stämmen in Betracht gezogen werden muß. Das Gleiche gilt für die Zuwachsermittelung nach vorwärts. Die an einem Bestand ermittelten Beträge des gegenwärtigen laufendjährlichen Zuwachses können ebenfalls nur zur Berechnung des

*) Mittelhöhe der stärksten, jeweils 20 % der Stammzahl des Bestandes umfassenden Klasse.

künftigen Zuwachses während kurzer, meist zehn Jahre nicht überschreitender, Zeitabschnitte benutzt werden.

Sobald es sich um die Feststellung des Zuwachsganges für längere Zeitabschnitte handelt, sei es nach vorwärts oder nach rückwärts, ist man daher auf Vergleich mit dem Wachstumsgang von Beständen, welche auf ähnlichen Standorten stocken und die gleiche wirtschaftliche Behandlungsweise genießen, angewiesen. Zu diesem Zweck dienen die Ertragstafeln.

### 1. Zuwachsermittelung an Beständen für kurze Zeitabschnitte.

#### § 68. Zuwachsermittelung mit Hilfe des Zuwachsprozentes.

Wenn die Zuwachsprozente und die gegenwärtigen Massen sämtlicher Bäume eines Bestandes im einzelnen bekannt wären, so könnte man hieraus in der früher besprochenen Weise die Zuwachsleistung jedes Baumes berechnen und würde in deren Summe den Zuwachs des ganzen Bestandes finden.

Eine derartige Untersuchung des Zuwachses findet jedoch nur ganz ausnahmsweise zum Zweck wissenschaftlicher Arbeiten statt, in allen anderen Fällen wird diese Ermittelung des Zuwachses auf einen Bruchteil der Stammzahl beschränkt.

Hierzu können entweder die Probestämme benutzt werden, welche für die Massenermittelung ausgewählt wurden oder beliebige Stämme unter Ausschluß besonders starker oder auffallend schwacher Exemplare. Weiter kann die Ermittelung des Zuwachses entweder an liegenden oder an stehenden Stämmen vorgenommen werden.

Gegen die Verwendung der erstgenannten Probestämme spricht der Umstand, daß das Zuwachsprozent innerhalb des gleichen Bestandes keineswegs eine Funktion des Durchmessers ist, sondern von Stamm zu Stamm unter sonst gleichen Bedingungen erheblich schwankt. Es hängt von den Ernährungsverhältnissen des Stammes ab, welche äußerlich bei der Betrachtung am besten durch die Kronenentwickelung kenntlich werden. Wenn nur wenige Massen-Probestämme zur Verfügung stehen, erscheint es daher bedenklich, sie auch als Repräsentanten der Zuwachsverhältnisse zu betrachten.

Bei feineren wissenschaftlichen Untersuchungen, welche aus besonderen Rücksichten nur an einer beschränkten Anzahl von Probe-

stämmen ausgeführt werden können, ist es deshalb notwendig, durch vorläufige Ermittelungen mittels des Zuwachsbohrers zunächst festzustellen, ob die ausgewählten Probestämme auch den durchschnittlichen Zuwachsverhältnissen ihrer Klassen entsprechen.

Bei den meisten taxatorischen Arbeiten sieht man von der Benutzung speziell ausgewählter Probestämme für einzelne Klassen sowohl wegen der Umständlichkeit und Unsicherheit des Verfahrens als auch deshalb ab, weil die Massenermittelung der Regel nach ohne Fällung von Probestämmen erfolgt.

Man führt hier die nötigen Messungen ohne spezielle Auswahl an solchen Stämmen aus, welche die mittleren Wachstumsverhältnisse des Bestandes repräsentieren.

Nach den Untersuchungen von A. König, Steppuhn und Michaelis scheint es, daß die Zuwachsermittelungen an 10—20 ziemlich willkürlich herausgegriffenen Mittelstämmen schon ganz gute Durchschnittswerte für einen annähernd gleichartigen Bestand liefern. Nach Bertog ergibt der Zuwachsbohrer meist etwas zu große Resultate.

Wenn eine große Anzahl von Probestämmen benutzt wird, dann ist es für die Bestimmung des Bestandeszuwachsprozentes nicht notwendig, daß an jedem Stamm mindestens zwei Untersuchungen an einander gegenüber liegenden Punkten vorgenommen werden, wie es bei Ermittelung des Zuwachsprozentes für den einzelnen Stamm geschehen muß, sondern es genügt eine einmalige, den Angriffspunkt ganz dem Zufalle anheimgehende Bohrung.

In der Mehrzahl der Fälle finden diese Ermittelungen des Zuwachses an stehenden Stämmen statt. Die Ableitung des Zuwachsprozentes des betr. Baumes sowie weiterhin des Bestandes ist also mit dem Maß von Unsicherheit behaftet, welches bereits früher bei Darstellung des Zusammenhanges zwischen dem Zuwachsprozent der Stammgrundfläche und der Baummasse besprochen wurde.

Dieser Umstand führt dazu, der Regel nach diese Rechnung unter Annahme der Minimalstufe des Zuwachses (Konstante 400 bei Schneider oder Stufe I von Preßler) auszuführen, um keine zu hohen Ergebnisse zu erhalten.

Wenn auch Vorsicht bei allen derartigen Arbeiten durchaus am Platze ist, so erscheint es doch ungerechtfertigt, einen geringeren Zuwachs anzunehmen als mit Bestimmtheit erwartet werden darf. Dieser ist aber auch in haubaren Beständen, soweit sie noch nicht überalt sind, der Regel nach größer und entspricht, wie früher bemerkt, meist etwa den Preßlerschen Stufen II und III (Exponent $2^1/_3$ und $2^2/_3$) sowie den Konstanten 450—550 der Schneiderschen Formel.

Die Berechnung der Zuwachsprozente für die einzelnen Stämme kann entweder nach dem Verfahren von Preßler oder nach jenem von Schneider erfolgen.

Wenn die Massenermittelung des Bestandes nach Klassen mittels gefällter Probestämme ausgeführt worden ist und an diesen Probestämmen auch Untersuchungen über deren Zuwachsprozent angestellt worden sind, so findet man das Zuwachsprozent des Bestandes in folgender Weise:

Wurden für jede Klasse mehrere Probestämme gefällt und untersucht, so ergibt der Durchschnitt der zusammengehörigen Probestämme das mittlere Zuwachsprozent der betr. Klasse.

Stellen $V_1$, $V_2$ . . . die Massen der einzelnen Klassen vor, $P_1$, $P_2$ . . . die zugehörigen Zuwachsprozente, so ist der Zuwachs $Z_1$, $Z_2$ . . . der einzelnen Klassen für je ein Jahr:

$$Z_1 = \frac{V_1 P_1}{100},\ Z_2 = \frac{V_2 P_2}{100}.$$

und der Gesamtzuwachs $Z = Z_1 + Z_2 + \ldots$

Das durchschnittliche Zuwachsprozent P ergibt sich hieraus durch:

$$P = \frac{100 Z}{V}$$

Dieses Verfahren zur Ermittelung des Zuwachsprozentes eines Bestandes wird nur selten angewendet, gewöhnlich berechnet man dieses als Durchschnitt der Zuwachsprozente, welche an einer Anzahl beliebig herausgegriffener Probestämme (s. o. p. 156) ermittelt worden sind.

Eine bessere Vorschrift für die Berechnung des Bestandeszuwachsprozentes, welche auf der Schneiderschen Formel beruht,

rührt von Borggreve her*). Dieser geht vom Flächenzuwachsprozent der zur Untersuchung herangezogenen Stämme aus.

Wie oben bereits angegeben, ist für kurze Zeiträume der Zuwachs:

$$z = \frac{mp}{100}$$

Setzt man: $v = \frac{\pi}{4} d^2$ und $p = \frac{400}{nd}$

$$\text{so wird: } z = \frac{\frac{\pi}{4} d^2}{100} \cdot \frac{400}{nd}$$

Das Zuwachsprozent für sämtliche Querflächen eines Bestandes ist alsdann:

$$100 : P = \left(\frac{\pi}{4} d_1^2 + \frac{\pi}{4} d_2^2 + \cdots\right) : \left(\frac{\frac{\pi}{4} d_1^2}{100} \cdot \frac{400}{n_1 d_1} + \frac{\frac{\pi}{4} d_2^2}{100} \cdot \frac{400}{n_2 d_2} + \cdots\right)$$

$$100 : P = (d_1^2 + d_2^2 + \cdots) : \left(\frac{4d_1}{n_1} + \frac{4d_2}{n_2} + \cdots\right)$$

$$P = \frac{100 \cdot \Sigma \frac{4d}{n}}{\Sigma d^2}$$

Durch Einführung anderer Konstanten als 400 ist die Borggrevesche Formel derselben Modifikation fähig wie jene von Schneider und kann in dieser Weise den jeweiligen Zuwachsverhältnissen angepaßt werden.

Behufs bequemerer Ausführung der Rechnung hat Borggreve folgendes Schema empfohlen:

| n | d | $d^2$ | $\frac{4}{n}d$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| | | | |
| | Sa: | | |

Es soll an jeder Querfläche n und d gemessen werden, dieselben werden in Spalte 1 und 2 des Schemas untereinander eingetragen, dann für die beiden letzten

*) Borggreve, Die Forstabschätzung, Berlin 1888, p. 42.

Spalten $d^2$ und $\frac{4}{n}d$ berechnet und schließlich die Summen von Spalte 3 und 4 gezogen. Das mittlere Flächenzuwachsprozent ist alsdann gleich:

$$\frac{100 \times \text{Sa. der Spalte 4}}{\text{Sa. der Spalte 3.}}$$

Die Berechnung nach der Borggreveschen Formel wird erleichtert durch Benutzung der von Henne bearbeiteten Hilfstafeln für Forstliche Zuwachs-Untersuchungen.

Da das Zuwachsprozent nur an liegenden Stämmen sicher festgestellt werden kann, so muß jede Gelegenheit benutzt werden, das am stehenden Bestand ermittelte Zuwachsprozent durch Messung an liegenden Stämmen zu kontrollieren und nach Bedarf zu berichtigen.

Zu diesem Zweck dienen in erster Linie die Fällungen von Probestämmmen, sobald diese in größerem Umfang vorgenommen werden sowie die Aufhiebe von Wegen und Gestellen.

Ein besonders wichtiges Hilfsmittel bieten ferner vergleichende Untersuchungen an Schlägen unter Berücksichtigung des Alters, Standortes und der wirtschaftlichen Verhältnisse. Bei taxatorischen Arbeiten sollte dieses stets zur Verfügung stehende Kontrollmittel niemals außer Acht gelassen werden.

Weitere wertvolle Anhaltspunkte liefern die Angaben der Ertragstafeln über die Zuwachsprozente. Wenn diese auch Durchschnittswerte enthalten, so werden etwa vorkommende erhebliche Abweichungen doch immerhin zu einer nochmaligen Prüfung und zur Erwägung veranlassen, ob die konkreten Verhältnisse von den normalen, welche der Ertragstafel zu Grunde liegen, soweit verschieden sind, um solche Unterschiede zu begründen.

Unterschiede im Schlußgrad brauchen jedoch keineswegs ängstlich berücksichtigt zu werden, da der Abgang einzelner stärkerer Stämme infolge des hierdurch veranlaßten Lichtstands-Zuwachses ihrer Umgebung nahezu ausgeglichen werden. Außerdem ist noch zu bedenken, daß der Schlußgrad meist unterschätzt wird*).

Anders liegen selbstverständlich die Verhältnisse, wenn es sich um die Ermittelung des Zuwachsprozentes in Beständen handelt,

*) Weise, Studien über den Schluß der Bestände und seine Einwirkung auf den Zuwachs. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1889, p. 130.

welche in natürlicher Verjüngung befindlich sind, oder bei denen aus irgend einer anderen Ursache ein stärkerer Eingriff in die Bestandesmasse stattgefunden hat sowie im Mittelwald. Hier ist die Bestimmung nur durch direkte Untersuchung möglich unter sorgfältiger Beachtung des Umstandes, daß das Verhältnis des Zuwachses in Brusthöhe zu jenem in der Stammmitte bei derartigen Beständen anders ist, als in geschlossenen gleichaltrigen Orten.

Bei der Anwendung des Zuwachsprozentes zur Massenermittelung nach vorwärts, ist zu berücksichtigen, daß auch das Zuwachsprozent des Bestandes entsprechend dem Zuwachsprozente der einzelnen Stämme fortwährend sinkt. In den Altersperioden, für welche diese Berechnung in der Praxis der Regel nach angewendet wird, ist diese Änderung indessen nur eine langsame.

So beträgt z. B. das Zuwachsprozent auf II. Standortsklasse

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| im Alter: | 90 | 100 | 110 | 120 |
| für Kiefer: | 1,4 | 1,1 | 0,9 | 0,8 |
| „ Fichte: | 2,1 | 1,8 | 1,6 | 1,3 |

Bei Beständen von 100 und mehr Jahren kann man daher das augenblicklich ermittelte Znwachsprozent zur Berechnung des Zuwachses für die nächsten 10 Jahre, wie es meist üblich ist, verwenden, ohne einen erheblichen Fehler zu begehen. Die wahrscheinliche Abweichung vom richtigen Zuwachsprozent beträgt höchstens etwa 10%, um welche letzteres zu hoch ermittelt wird.

Bei genauer Arbeit macht man daher zweckmäßig von dem ermittelten Prozent selbst zur Berechnung des Zuwachses für die nächste 10 jährige Periode einen entsprechenden Abzug.

Wenn das Zuwachsprozent P bekannt ist, so erhält man den Zuwachs Z nach der Formel:

$$Z = \frac{VP}{100} \cdot n$$

Im vorstehenden ist die Zuwachsberechnung mit Hilfe von Prozenten in der Weise vorgetragen worden, wie sie bei taxatorischen Arbeiten angewendet zu werden pflegt. Selbstverständlich kann aber auch die Zuwachsleistung für beliebig lange Perioden nach vorwärts und rückwärts in Form von Prozenten ausgedrückt werden, was für die Zwecke wissenschaftlicher Untersuchungen ge-

legentlich erwünscht ist. Die hierzu erforderlichen Formeln lassen sich aus den mitgeteilten unschwer ableiten.

## § 69. Zuwachsschätzung nach dem Durchschnittszuwachs.

Wie bereits ausgeführt worden ist, steigt der Durchschnittszuwachs eines Bestandes im Anfang ziemlich rasch, ändert sich in der Periode kurz vor und nach seiner Kulmination sehr wenig und nimmt auch dann zunächst langsam, später aber schneller ab. Wenn es sich also darum handelt, anzugeben, wie groß der Zuwachs eines älteren, angehend haubaren oder haubaren Bestandes für die nächste, nicht allzulange Periode (von etwa 10—20 Jahren) sein wird, so kann man den gegenwärtigen Durchschnittszuwachs entweder ganz unverändert oder doch nur mit ganz geringem Abzug als laufendjährlichen Zuwachs dieses Zeitraumes annehmen.

Die Kulmination des Durchschnittszuwachses am verbleibenden Bestand sowohl als auch an der gesamten Zuwachsleistung (verbleibender und ausscheidender Bestand zusammen) fällt jedoch in Altersstufen, welche niedriger sind, als die üblichen Abtriebsalter.

Er erreicht sein Maximum z. B. bei der Kiefer zwischen 70 und 80, bei der Fichte zwischen 60 und 70, bei der Buche zwischen 75 und 90 Jahren.

Für die älteren Bestände hat man daher bereits mit abnehmendem Durchschnittszuwachs zu rechnen, das Sinken erfolgt jedoch wenigstens anfangs nur sehr langsam.

Der Verlauf des Durchschnittszuwachses an Derbholz für den verbleibenden Bestand ist z. B. auf II. Standortsklasse folgender:

| Alter: | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kiefer . . . | 5,1 | 4,9 | 4,6 | 4,5 | 4,3 | 4,1 fm |
| Fichte . . . | 7,0 | 6,8 | 6,5 | 6,1 | 5,6 | 5,2 „ |
| Buche . . . | 4,7 | 4,8 | 4,7 | 4,6 | 4,4 | 4,3 „ |

Für jüngere Bestände ist die Angabe des Haubarkeitsdurchschnittszuwachses lediglich eine Modifikation des Verfahrens der Zuwachsermittelung nach Ertragstafeln, indem man statt des Vorrates im Abtriebsalter den betreffenden Durchschnittszuwachs unter Berücksichtigung der konkreten Standorte benutzt.

Seitdem Ertragstafeln auf Grund sorgfältiger Ermittelungen vorliegen, ist diese Art der Zuwachsschätzung fast vollständig außer Übung gekommen.

Für die Zwecke der Betriebsregulierung besitzt der Durchschnittszuwachs des Hauptbestandes ungleich geringere Bedeutung als der laufendjährliche Zuwachs der Gesamtmasse, da letzterer die Gesamterzeugung (verbleibenden und ausscheidenden Bestand) gemeinschaftlich berücksichtigt und daher namentlich für die Hiebsreife der Bestände die wichtigsten Anhaltspunkte liefert.

## § 70. Progressionsmäßig verringerter Zuwachs.

Wenn ein Bestand innerhalb einer Periode von n Jahren in regelmäßiger Hiebsfolge allmählich abgetrieben werden soll, so stellt der Zuwachs für diesen Zeitraum nahezu eine fallende arithmetische Reihe dar.

Erfolgt die erstmalige Nutzung am Ende des ersten Jahres dieser Periode, so ist der gesamte periodische Zuwachs

*

$$Z_1 = (a + u)\,\frac{n}{2}$$

worin a den Zuwachs der vollen Bestandesmasse im ersten Jahr, u jenen während des letzten Jahres und gleichzeitig die Differenz zwischen den einzelnen Gliedern, n die Anzahl der Jahre der Abtriebsperiode bedeutet.

Würde die erste Nutzung sofort bei Beginn der Periode erfolgen, so würde der Bestand nur noch n—1 Jahre wachsen und der Zuwachs im ersten Jahre bezw. das erste Glied wäre (a — u).

Die Gesamtleistung wäre in diesem Falle:

$$Z_2 = \frac{n-1}{2}\,[(a-u)+u)] = a\,\frac{n-1}{2}$$

da

$$a = u \cdot n$$

so ist

$$Z_2 = \frac{an}{2} - \frac{un}{2} = (a-u)\,\frac{n}{2}.$$

Cotta machte bereits den Vorschlag, das Mittel von beiden Werten, nämlich $\frac{an}{2}$ bei der Berechnung des progressionsmäßig abnehmenden Zuwachses zu Grunde zu legen, so daß also der

* In Shelterwood, chiefly ∴ first cut takes best (tallest) timber & ∴ grth decreases even faster than Basal Area.

Gesamtzuwachs für die Abtriebsperiode gefunden wird, durch Multiplikation des laufend-jährlichen Zuwachses zu Beginn der Periode mit der halben Anzahl der Jahre der Periode. In dieser Weise wird die Rechnung für die Zwecke der Forsteinrichtung vielfach durchgeführt.

Diese Vorschrift entspricht jedoch nur beim Kahlschlagebetriebe der Wirklichkeit, da bei Naturverjüngung durch die lichtere Stellung der Schläge in der Regel eine, allerdings nach Holzart, Alter, und den sonstigen Verhältnissen verschiedene Steigerung des bisherigen Zuwachses der verbleibenden Stämme eintritt, so daß die Minderung infolge der Abnutzung hierdurch mehr oder minder ausgeglichen wird, was namentlich bei Buchen und Weißtannen sehr ins Gewicht fällt.

### 2. Zuwachs-Ermittelungen an Beständen mit Hilfe von Ertragstafeln.

#### § 71. Begriff der Ertragstafeln.

Der Zuwachsgang einer Holzart läßt sich durch Kurven darstellen, deren Abszissen die forschreitenden Altersjahre, deren Ordinaten aber die den letzteren entsprechenden Massen, Höhen, Formzahlen, laufendjährlicher Zuwachs u. s. w. sind, je nachdem man das eine oder andere dieser Elemente in Betracht zieht.

Der Gang dieser Kurven ist verschieden nach Holzart, Standortgüte und wirtschaftliche Behandlungsweise, man kann daher nicht aus einer Zuwachskurve die anderen ableiten. Da die Standortsbeschaffenheit in der Natur zwar vielfach wechselt, aber keine schroffen Sprünge aufweist, sondern allmähliche Übergänge zwischen den besten und geringsten Standorten bestehen, so ist es stets von den jeweils maßgebenden Erwägungen abhängig, wie viele Ertragsklassen ausgeschieden und der Aufstellung von Zuwachskurven zu Grunde gelegt werden sollen. Für die Hauptholzarten werden gewöhnlich 5 typische Formen der Standortsgüte (Bonität) und der hiervon abhängigen Bestandesbeschaffenheit unterschieden. Für minder wichtige Holzarten genügt auch eine geringere Anzahl von Klassen (etwa 3). Letzteres wird aber im Laufe der Zeit auch für einige der wichtigeren Holzarten, namentlich für Eiche und Buche, dann der Fall sein, wenn sie aus Rücksichten der Rentabilität von den

geringsten Böden, welche sie heute noch inne haben, wenigstens in der Form von reinen Beständen verschwunden sind, für das übrige Vorkommen aber die Ausscheidung von 5 charakteristischen Typen nicht mehr möglich ist oder wenigstens nicht mehr lohnt.

Diese Zuwachskurven sind graphische Darstellungen des Inhaltes der Ertragstafeln, in welchen die Beobachtungen über den Entwickelungsgang der Bestände ziffernmäßig zusammengestellt sind.

Unter Ertragstafeln versteht man tabellarische Darstellungen des Wachstumsganges einer Holzart für bestimmte Wirtschaftsformen, welche die Massen und Zuwachsgrößen, sowie in der Regel auch die massenbildenden Faktoren: Stammzahl, Stammgrundfläche, Bestandesmittelhöhe, Formzahl u. s. w. für die einzelnen Altersstufen und die Flächeneinheit (Hektar) getrennt nach Ertragsklassen, sowie unter Voraussetzung normaler Bestockung und Entwickelung enthalten.

Normale Bestände sind nach der Definition des Ver. d. forstl. Vers.-Anst. solche, welche nach Maßgabe der Holzart und des Standortes bei ungestörter Entwickelung auf größeren Flächen, (0,25 ha Minimum) als die vollkommensten zu betrachten sind.

Ertragstafeln, welche nur für ein kleineres Gebiet mit gleichartigen Wachstums- und Wirtschaftsverhältnissen entworfen sind, bezeichnet man als lokale, im Gegensatz zu den allgemeinen, für deren Aufstellung das Material aus einem größeren Gebiete mit verschiedenartigen Wachstumsverhältnissen erhoben worden ist.

Über die Notwendigkeit und Zweckmäßigkeit der Ausscheidung besonderer Wuchsgebiete bei der Aufstellung von Ertragstafeln sind die Ansichten zur Zeit noch geteilt.

Auf der einen Seite wird behauptet, daß die Ertragstafeln doch nur Durchschnittswerte enthalten und daher den Wachstumsgang einer Holzart auf weiten Gebieten mit genügender Sicherheit darstellen, soweit nicht die Wirtschaft durch die Methode der Begründung und Erziehung örtlich einen wesentlich abweichenden Wachstumsgang bedinge.

Die andere Ansicht geht dahin, daß neben den Verschiedenheiten des Entwickelungsganges, welche durch abweichende wirtschaft-

liche Behandlungsweise veranlaßt werden, auch der Standort einen so großen Einfluß selbst innerhalb relativ beschränkter geographischer Bezirke bedinge, daß er nicht außer Acht gelassen werden könne.

Wenn man die weiten Gebiete betrachtet, innerhalb welcher die meisten unserer Hauptholzarten bestandesbildend auftreten, so zeigen erstere derartige Verschiedenheiten bezüglich der wichtigsten Standortsfaktoren, daß ein annähernd gleichmäßiger Entwickelungsgang auf dieser ganzen Fläche ausgeschlossen erscheint. Erschwert wird die Feststellung der hierdurch bedingten Abweichungen, weil meist gleichzeitig auch die Formen der Wirtschaft wechseln.

Andererseits kann man innerhalb einzelner Teile des Verbreitungsgebietes die Grenzen der zulässigen Abweichungen der Mittelwerte der Ertragstafeln sehr weit fassen und dann die Notwendigkeit der Ausscheidung örtlicher Wachstumsgebiete und hierdurch bedingter lokaler Ertragstafeln bestreiten.

Die Frage, bei welcher Grenze die Ausscheidung besonderer Wuchsgebiete notwendig wird, kann daher schwer eine absolute Lösung finden, letztere hängt vielmehr stets bis zu einem gewissen Grade vom subjektiven Ermessen ab.

Eine Klärung ist nur durch Bearbeitung von Ertragstafeln für einzelne, allerdings nicht zu beschränkte Gebiete zu erwarten, innerhalb welcher Gleichmäßigkeit der Wirtschaftsmethode besteht.

Unzweifelhaft sind aber innerhalb eines einzelnen Landes, z. B. Deutschland, die Einflüsse der wirtschaftlichen Behandlungsweise auf den Wachstumsgang erheblich beträchtlicher, als die Einwirkungen der wechselnden Standortsverhältnisse.

Die erste Anleitung zur Aufstellung von Ertragstafeln rührt von Réaumur aus dem Jahre 1721 her. In Deutschland hat Oettelt 1765 zuerst einen derartigen Vorschlag gemacht, während Paulsen 1787 die ersten Ertragstafeln in unserem Sinne wirklich aufgestellt hat. Auch Hennert teilt in seiner „Anweisung zur Taxation der Forsten“ 1791, Angaben über die Haubarkeitserträge für Kiefer- und für Niederwaldungen mit. Seit Beginn des 19. Jahrhunderts folgten alsdann zahlreiche Tafeln von: G. L. Hartig, H. Cotta, Hundeshagen, Pfeil, Grebe u. s. w. Besondere Aufmerksamkeit ist den Ertragsuntersuchungen von Seiten der forstlichen Versuchsanstalten gewidmet worden.

## § 72. Methoden zur Aufstellung von Ertragstafeln.

1. Wiederholte Aufnahme desselben Bestandes.

Wenn man den Wachstumsgang der Bestände genau verfolgen will, so wäre anscheinend die fortwährende Beobachtung einer oder mehrerer sorgfältig ausgewählter Probeflächen das beste Mittel, namentlich deshalb, weil auf diese Weise die Gleichheit der Bonität am besten gewahrt ist.

Man müßte aber eine ganze Umtriebszeit warten, bis die Tafeln fertig sein würden, während man doch solche möglichst bald zu erhalten wünscht. Außerdem kommt auch noch in Betracht, daß innerhalb eines solchen Zeitraumes die Ansichten über die zweckmäßigste wirtschaftliche Behandlung der Bestände wechseln und die so gewonnenen Resultate alsdann doch den konkreten Verhältnissen nicht entsprechen würden.

2. Wiederholte Aufnahme mehrerer Bestände verschiedenen Alters*).

Um rascher zum Ziel zu kommen, wurde vorgeschlagen, für die einzelnen Standortsklassen Probeflächen verschiedenen Alters mit gleichen Abständen etwa von 20 zu 20 Jahren, oder wenn dieses nicht möglich ist, mit ungleichen Altersabstufungen auszuwählen und an jeder nur ein Stück der Wachstumskurve zu beobachten, so daß durch ihre Kombination der ganze Entwickelungsgang dargestellt wird.

Um eine Bürgschaft dafür zu haben, daß die Bestände wirklich der gleichen Standortsklasse angehören, wurde verlangt, daß die Massen der verschiedenen als Repräsentanten ausgewählten Bestände im gleichen Alter die nämlichen seien.

Wenn nun auch dieses Verfahren in seiner ursprünglichen Form, wegen der Unmöglichkeit Bestände von genau gleichartigem Entwickelungsgang auszuwählen, nicht zur Durchführung geeignet ist, so besteht doch gegenwärtig darin vollständige Einstimmigkeit der Ansichten, daß nur die längere Beobachtung von Probeflächen genügend sichere Anhaltspunkte für die Aufstellung von Ertrags-

*) Carl Heyer, Aufruf zur Gründung eines forststatischen Vereines 1845, p. 120 und Eduard Heyer, über Aufstellung von Holzertragstafeln. Allg. Forst- und Jagdzeitung 1857, p. 329.

tafeln gewährt, weil man hierdurch Kurvenstücke erhält, welche den tatsächlichen Verhältnissen entnommen sind und weil hierdurch möglichste Gleichheit der wirtschaftlichen Behandlungsweise garantiert wird.

Selbstverständlich ist es nötig, eine größere Anzahl von Probeflächen zur Verfügung zu haben, weil die Ertragstafeln das durchschnittliche Verhalten der Bestände darstellen sollen, und der Einfluß störender Momente auf diese Weise am besten ausgeglichen wird. Außerdem ist auch zu berücksichtigen, daß aus verschiedenen Ursachen im Laufe der Zeit stets Probeflächen unbrauchbar werden, und schon deshalb eine Mehrzahl hiervon notwendig ist, damit keine Lücken in den Beobachtungsreihen entstehen. Die einzelnen Kurvenstücke schließen sich auch nicht so aneinander an, wie Eduard Heyer annahm.

3. Ableitung von Ertragstafeln aus der einmaligen Aufnahme verschiedenaltriger Bestände.

Die vorige Methode erfordert unter allen Umständen immerhin eine längere Reihe von Jahren, ehe es möglich ist, Ertragstafeln aufzustellen. Da aber der Wunsch und das Bedürfnis vorliegt, möglichst rasch in den Besitz von solchen zu gelangen, so werden bei Beginn der Ertragsuntersuchungen die Ertragstafeln in der Weise abgeleitet, daß man für jede der verschiedenen Standortsklassen eine bald größere, bald geringere Anzahl von Probeflächen aufnimmt und aus den Resultaten dieser Untersuchungen Ertragsreihen zusammenstellt.

Es ist jedoch dem gewandtesten und geübtesten Taxator nicht möglich, rein gutachtlich die Probeflächen in der Weise als typische Repräsentanten der ja immerhin willkürlich ausgeschiedenen Standortsklassen auszuwählen, daß beim Auftragen ihrer Massen als Ordinaten für die entsprechenden Alter als Abszissen, durch Verbindung der Ordinatenendpunkte sofort eine brauchbare Zuwachskurve entstünde, sondern es sind hierfür stets gewisse Anhaltspunkte erforderlich. In Bezug auf letztere lassen sich zwei prinzipiell verschiedene Methoden unterscheiden, nämlich einerseits das sogenannte Weiserverfahren, und andrerseits das Verfahren des Professor Baur (Streifenverfahren).

Das Weiserverfahren gründet sich auf die Tatsache, daß der ältere Bestand aus dem jüngeren hervorgegangen ist, und es also möglich sein muß, durch Analyse von Probestämmen, welche nach verschiedenen Gesichtspunkten ausgewählt werden, die Masse oder die massenbildenden Faktoren abzuleiten, welche die Stämme eines haubaren Bestandes (Weiserbestand) in den früheren Lebensaltern besessen haben. Wenn zwischen diesen auf dem Wege der Analyse ermittelten Daten und den gegenwärtigen entsprechenden Elementen eines jüngeren Bestandes Übereinstimmung besteht, dann wird vorausgesetzt, daß die verschiedenen Bestände einer Ertragsreihe angehören und ferner, daß sowohl der ältere Bestand im jüngeren Alter dieselbe Masse u. s. w. gehabt habe wie der Vergleichsbestand, als auch, daß letzterer im späteren Alter sich ebenso verhalten werde, wie der Weiserbestand.

Seutter machte schon 1799 den Versuch, auf dem Wege von Stammanalysen den Zuwachsgang der Bestände zu ermitteln und darzustellen, auch Hoßfeld gab 1823 eine Anleitung, die Höhen, Stärken und Holzmassen in den früheren Altersepochen durch Stammanalysen abzuleiten. Das erste durchgebildete Weiserverfahren rührt von dem bayerischen Salinenforstinspektor Huber her, welcher 1824 lehrte, man solle in einem normalen haubaren Weiserbestand die Stärke des Mittelstammes in den früheren Altersperioden erheben. Bestände, deren Mittelstämme im entsprechenden Alter die gleiche Stärke hätten wie der Weiserbestand, besäßen auch den gleichen Standort bez. gehörten einer Ertragsreihe an.

Das Huber'sche Verfahren ist deshalb unrichtig, weil durch Analyse des gegenwärtigen Mittelstammes nicht jener der jüngeren Bestände abgeleitet werden kann. Dieser muß wegen der noch vorhandenen Ergänzungsstämme umso geringer sein als jener, je jünger der Bestand ist.

Neuerdings hat Gehrhardt*) wieder ein Verfahren vorgeschlagen, den arithmetischen Mittelstamm zur Ableitung von Ertragstafeln zu benutzen.

Robert Hartig vergleicht (unter Weiterbildung der von seinem Vater Theodor Hartig angegebenen Methode) hauptsächlich die stärksten Baumklassen und sagt: „Zeigen die stärksten Stammklassen eines jüngeren Bestandes dasselbe Höhen- und Stärkewachstum sowie einen gleichen Massengehalt, wie die gleiche Zahl der stärksten Stämme des Weiserbestandes in demselben Alter besessen hat, so wird daraus der Schluß gezogen, daß die Standorts-

*) Gehrhardt, Die theoretische und praktische Bedeutung des arithmetischen Mittelstammes, Meiningen 1901, p. 31 ff.

güte beider Bestände die gleiche ist, daß also der junge Bestand gewissermaßen eine frühere Altersstufe des Weiserbestandes repräsentiert und darum als ein Glied der zu entwerfenden Ertragstafel angesehen werden kann".

Im Gegensatz zu dem Weiserverfahren ermittelt Baur die Zuwachskurven auf rein graphischem Wege in folgender Weise: *)

Nachdem möglichst viel Bestände aus den verschiedensten Bonitäten und Altersklassen aufgenommen worden sind, werden die Massen der einzelnen Bestände als Ordinaten für die korrespondierenden Alter als Abszissen aufgetragen.

Hierauf zieht man zunächst durch die höchsten und ebenso durch die niedrigsten der aufgetragenen Punkte oder doch möglichst nahe an diesen vorüber eine Kurve, welche die obere und untere mittlere Grenze der in den verschiedenen Lebensaltern vorkommenden Massen darstellt. Alsdann teilt man den Raum zwischen den beiden Grenzkurven in soviele flächengleiche Streifen, als Ertragsklassen ausgeschieden werden sollen; in der Mitte eines jeden Streifens wird sodann eine Kurve gezogen, welche den durchschnittlichen Gang des Massenwachstums in der betreffenden Ertragsklasse darstellt.

Jene Probeflächen, deren Ordinaten-Endpunkte innerhalb des nämlichen Streifens liegen, gehören der gleichen Ertragsklasse an, ihre Höhen und Stammzahlen werden dann dazu benützt, um in gleicher Weise auf graphischem Wege den Entwickelungsgang dieser Elemente für die betreffende Standortsklasse abzuleiten. Ursprünglich (bei der Fichte) hat Baur auch die Kreisflächenkurven ebenso konstruiert, später (bei der Rotbuche) hat er aber zunächst die Kreisflächen nach der Formel

$$G = \frac{M}{HF}$$

berechnet und erst mit diesen Werten die Kreisflächenkurven abgeleitet.

Es muß anerkannt werden, daß durch die graphische Darstellung der Aufnahmeergebnisse möglichst ungleichaltriger und aus den verschiedensten Standortsklassen entnommener Probeflächen der

*) Baur, Holzmeßkunde, 4. Aufl., 1891, p. 261 ff.

beste Überblick über die Wachstumsleistungen des betreffenden Gebietes ermöglicht wird, sowie daß die Beurteilung der Ertragsklasse auf Grund der Massenerzeugung gewiß ungleich richtiger und sicherer erfolgt, als durch rein gutachtliches Ansprechen; allein es liegt a priori nur die Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit, keineswegs aber ein innerer Grund dafür vor, daß die einzelnen Bestände den gleichen Wachstumsgang verfolgen werden, welchen die Mittelkurve derjenigen Ertragskassen darstellt, welcher sie auf Grund des Streifenverfahrens zugeteilt sind.

Der Nachweis hierfür und damit zugleich die Prüfung des richtigen Verlaufes der Mittelkurve kann nur erfolgen entweder durch längere Beobachtung und wiederholte Aufnahme der Probeflächen, welche an Stelle von Punkten alsdann Kurvenstücke liefern oder durch Benutzung der Methode des Weiserverfahrens, wenn nur einmalige Aufnahmen zur Verfügung stehen.

Bei letzterer Methode kann man sich, wenigstens bei den Lichtholzarten, auf die Ermittelung des Höhenzuwachsganges beschränken, indem in der früher (p. 154) geschilderten Weise aus der Oberhöhenkurve die Mittelhöhenkurve abgeleitet und letztere dann zur Einreihung der Probeflächen in die verschiedenen Ertragsklassen verwendet wird. Aber auch bei Benutzung der Ergebnisse wiederholter Aufnahmen von Probeflächen wird man stets in erster Linie die Ermittelungen über den Höhenzuwachs berücksichtigen, da dieser am regelmäßigsten verläuft, während der Gang der Massenkurve und übrigen massenbildenden Faktoren, namentlich jener der Kreisfläche, sehr von der wirtschaftlichen Behandlungsweise und dem Wechsel der hierfür maßgebenden Anschauungen abhängt.

Aus letzterem Grund läßt sich auch der im Jahre 1888 vom Verein deutscher forstlicher Versuchsanstalten gefaßte Beschluß, die verschiedenen Ertragsklassen durch bestimmte Massen-Vorräte im Alter von 100 Jahren zu charakterisieren, nicht dauernd aufrecht erhalten.

Wenn auch die von Baur vorgeschlagene Methode für die Ableitung von Ertragstafeln aus einmaligen Aufnahmen erheblichen Bedenken unterliegt, so besitzt die hiervon unabhängige graphische Darstellungsweise der Aufnahmeergebnisse große Vorzüge und bleibenden Wert.

Es muß jedoch davor gewarnt werden, den Gang der Massen und massenbildenden Faktoren hieraus lediglich auf graphischem Wege ableiten zu wollen, die rechnerische Kontrolle darf niemals außer Acht gelassen werden, wie ja Baur späterhin selbst bereits begonnen hat.

Da $M = GHF$, so muß auch

$$G = \frac{M}{HF} \text{ und } F = \frac{M}{GH} \text{ sein.}$$

Nur bei solcher Behandlungsweise läßt sich der Zusammenhang zwischen den einzelnen massenbildenden Faktoren sichern, während eine getrennte Behandlungsweise zu unangenehmen Trugschlüssen führen kann.

Die auf rechnerischem Wege enthaltenen Werte müssen aber ihrerseits auch mit der graphischen Darstellung der Aufnahmeergebnisse harmonieren.

Für das Verfahren der Aufstellung von Ertragstafeln läßt sich keine allgemein gültige Schablone entwerfen, dieses muß vielmehr nach den besonderen Verhältnissen des einzelnen Falles entsprechend den mitgeteilten allgemeinen Grundsätzen speziell ausgebildet werden.

## § 73. Anwendung der Ertragstafeln.

Wenn auf Grund von Ertragstafeln der Wachstumsgang eines bestimmten Bestandes für die früheren oder für die kommenden Lebensjahre angegeben werden soll, so fragt es sich zunächst, welche der verschiedenen Kurven seiner Entwickelung entsprechen wird, oder mit anderen Worten: Welcher Standortsklasse (Bonität, Ertragsklasse) gehört dieser Bestand an?

Die Lösung dieser Aufgabe ist dadurch sehr vereinfacht, daß durch die neueren Ertragsuntersuchungen ein gesetzmäßiger Zusammenhang für Masse und Höhe innerhalb der gleichen Wachstumsgebiete insofern nachgewiesen ist, als bei dem nämlichen Alter die größere Höhe der größeren Masse und demnach auch der besseren Standortsklasse entspricht.

Die Bestandesmittelhöhe bildet also wenigstens für die mittelalten und älteren Bestände einen Weiser für die Standortsklasse,

zur Bestimmung der letzteren ist daher nur die Ermittelung des Alters und der Mittelhöhe des Bestandes nötig.

Die Ansicht, daß die Höhe ein Maßstab für die Standortsgüte sei, ist zuerst von Oettelt 1765 ausgesprochen worden.

Stimmt die Mittelhöhe des Bestandes ganz oder nahezu mit einem der in der Ertragstafel für das betreffende Alter angegebenen Beträge überein, so können die Angaben der entsprechenden Zuwachsreihe für ersteren benutzt werden, und es ist nur noch die Abweichung der konkreten Bestandesgüte von der normalen (Vollbestand) zu berücksichtigen, welche durch das Verhältnis der Kreisflächensumme des Bestandes zu jener der Tafeln gemessen wird; weniger sicher ist das gutachtliche Ansprechen des Vollbestandsfaktors, da hier das subjektive Ermessen des Taxators einen zu bedeutenden Einfluß übt. Dieser ist ohne wirkliche Messungen gar nicht in der Lage zu wissen, wie seine Ansichten über Vollbestand sich zu jenen des Autors der Tafeln verhalten. Wenigstens sind anfangs probeweise solche Messungen der Kreisflächen der Bestände vorzunehmen, bis man über den normalen Schlußgrad, welcher bei Bearbeitung der Tafeln zu Grunde gelegt wurde, orientiert ist. Letzterer wechselt nach den herrschenden Ansichten über die zweckmäßigste Erziehungsweise der Bestände. Meist wird der Schlußgrad unterschätzt.

In dem Maße, als eine Differenz zwischen der normalen und konkreten Beschaffenheit eines Bestandes besteht, müssen jene Angaben der Tafel, welche durch den Schlußgrad bedingt sind, reduziert werden.

Wenn ein größerer Unterschied zwischen Mittelhöhe des Bestandes und jener der Tafeln besteht, so ist zunächst festzustellen, welches die nächstgelegene Höhenkurve ist, die erforderlichen Reduktionen haben alsdann auch entsprechend dem Verhältnis der Mittelhöhe des konkreten Bestandes zu den Angaben der Ertragstafeln zu erfolgen.

Man führt indessen diese Rechnung selten aus, sondern begnügt sich meist damit, bei geringeren Abweichungen die Angaben für die nächstgelegene Standortsklasse zu benutzen, bei größeren Differenzen benutzt man das Mittel aus den Standortsklassen, zwischen welchen der betr. Bestand liegt.

Die Höhe ist als Bonitätsweiser jedoch erst etwa vom 30. Lebensjahre ab brauchbar, in jüngeren Beständen sowie auf Blößen muß die Standortsgüte gutachtlich, eventuell unter Zuhilfenahme von Bodenuntersuchungen, festgestellt werden. Die besten Anhaltspunkte liefern ältere in der Nähe befindliche Bestände, welche auf ähnlichem Boden stocken.

Die Ertragstafeln enthalten Durchschnittswerte aus einer großen Anzahl von einzelnen Erhebungen. Ihre Angaben werden daher für einen konkreten Bestand stets nur annähernd zutreffen, und sind größere oder geringere Abweichungen im Wachstumsgang nicht ausgeschlossen. Sobald man aber die Angaben der Ertragstafeln auf eine Mehrzahl von Beständen anwendet, gleichen sich diese Abweichungen aus, das Gesamtergebnis der Berechnung wird mit jenem der Wirklichkeit umso besser übereinstimmen, je größer die Anzahl dieser Bestände war.

Die Ertragstafeln bringen den Zuwachsgang normaler Bestände nach allen Richtungen zur Darstellung, sie dienen daher nicht nur zur Ermitttelung des Zuwachses konkreter Bestände, sondern leisten auch noch für viele andere Zwecke der Betriebsregulierung, Waldwertberechnung und Statik unentbehrliche Dienste.

---

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

# Verlag von Julius Springer in Berlin N.

**v. Alten, P., Versuche und Erfahrungen mit Rotbuchen-Nutzholz.** Im Auftrage des Herrn Ministers für Landwirtschaft, Domänen und Forsten bearbeitet. M. 1,—.

**Behringer, Dr. Martin, Über den Einfluß wirtschaftlicher Maßregeln auf Zuwachsverhältnisse und Rentabilität der Waldwirtschaft.** Von der staatswirtschaftlichen Fakultät der Universität München mit dem Preise gekrönte forstliche Studie. M. 2,—.

**Booth, John, Die nordamerikanischen Holzarten** und ihre Gegner. Mit 2 Tafeln in Lichtdruck. M. 2,—.

**— — Die Naturalisation ausländischer Waldbäume in Deutschland.** Mit 1 Karte von Nord-Amerika und Japan. geb. M. 4,—.

**— — Die Douglas-Fichte** und einige andere Nadelhölzer, namentlich aus dem nordwestlichen Amerika, in Bezug auf ihren forstlichen Anbau in Deutschland. Mit 8 Photographien und einer Karte vom nordwestlichen Amerika. geb. M. 8,—.

**Eichhorn, Dr. Fr., Ertragstafeln für die Weißtanne.** Auf Grund des Materials der Großherzogl. bad. forstl. Versuchsstation bearb. Mit 5 lithogr. Tafeln. M. 3,60, geb. M. 4.40.

**Frömbling, C., Die natürliche Verjüngung des Buchen-Hochwaldes.** M. 1,40.

**Fürst, Dr. Hermann, Die Pflanzenzucht im Walde.** Ein Handbuch für Forstwirte, Waldbesitzer und Studierende. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 52 in den Text gedruckten Holzschnitten. M. 6,—, geb. M. 7,—.

**Gerwig, Fr., Die Weißtanne** (Abies pectinata D. C.) **im Schwarzwalde.** Ein Beitrag zur Kenntnis ihrer Verbreitung, ihres forstlichen Verhaltens und Wertes, ihrer Behandlung und Erziehung. M. 3,—.

**Geyer, C., W., Die Erziehung der Eiche** zum kräftigen und gut ausgebildeten Hochstamm nach den neuesten Prinzipien. Mit Vorausschickung eigener Erfahrungen über den Einbau der Eiche im jungen Buchenhochwalde, zum Zwecke der Bestandesmischung und zur Erziehung wertvoller Hölzer. Mit 12 lithogr. Tafeln. M. 3,—.

**Hartig, Dr. Rob., Das Holz der deutschen Nadelwaldbäume.** Mit 6 in den Text gedruckten Holzschnitten. M. 5,—.

**— — Holzuntersuchungen.** Altes und neues. Mit 52 Textabbildungen. M. 3,—.

**— — Die Zersetzungserscheinungen des Holzes der Nadelholzbäume und der Eiche.** In forstlicher, botanischer und chemischer Richtung bearbeitet. Mit 21 lithogr. Tafeln in Farbendruck. kart. M. 36,—.

**— — Der echte Hausschwamm** und andere das Bauholz zerstörende Pilze. Zweite Aufl., bearbeitet und herausgegeben von Dr. C. Freiherrn von Tubeuf. Mit 33 zum Teil farbigen Abbildungen im Text. Unter der Presse.

**— — und Dr. Rudolf Weber, Das Holz der Rotbuche** in anatomisch-physiologischer, chemischer und forstlicher Richtung. Mit in den Text gedruckten Abbildungen. M. 8,—.

**Hartig, Dr. Theodor, Anatomie und Physiologie der Holzpflanzen.** Dargestellt in der Entstehungsweise und im Entwickelungsverlaufe der Einzelzelle, der Zellsysteme, der Pflanzenglieder und der Gesamtpflanze. Mit 113 in den Text gedruckten Originalfiguren und 6 lithogr. Tafeln. M. 20,—.

**Heck, Dr. C. R., Der Weißtannenkrebs.** Mit 10 Holzschnitten, 11 graphischen Darstellungen, 9 Tabellen und 10 Lichtdrucktafeln. M. 10,—, geb. M. 11,20.

**Jentsch, Dr. Fr., Der deutsche Eichenschälwald** und seine Zukunft. M. 5,—.

**Lovén, Dr. Fredrik, Das Wachstum der Kiefer und Fichte** in der schwedischen Provinz Wermland. Mit 77 Seiten Tabellen und 3 farbigen Tafeln. M. 6,—.

**v. Schütz, Ad., Die Pflege der Eiche.** Ein Beitrag zur Bestandspflege. Zum praktischen Gebrauche für Forstbeamte und Waldbesitzer. Mit 27 in den Text gedruckten Holzschnitten und 39 Zeichnungen auf 6 Figurentafeln. M. 3,75.

**Schwappach, Dr. Adam, Wachstum und Ertrag normaler Fichtenbestände.** Nach den Aufnahmen des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten. Mit 4 Tafeln. M. 2,60.

**— — Wachstum und Ertrag normaler Kiefernbestände in der norddeutschen Tiefebene.** Nach den Aufnahmen der Preußischen Hauptstation des forstlichen Versuchswesens bearbeitet. Mit 3 Tafeln. M. 2,—.

**— — Neuere Untersuchungen über Wachstum und Ertrag normaler Kiefernbestände in der norddeutschen Tiefebene.** Nach den Aufnahmen der Preußischen Hauptstation des forstlichen Versuchswesens. M. 2,—.

**— — Wachstum und Ertrag normaler Rotbuchenbestände.** Nach den Aufnahmen der Preußischen Hauptstation des forstlichen Versuchswesens bearbeitet. M. 3,—

**— — Untersuchungen über Raumgewicht und Druckfestigkeit des Holzes wichtiger Waldbäume,** ausgeführt von der Preußischen Hauptstation des forstlichen Versuchswesens zu Eberswalde und der mech.-techn. Versuchsanstalt zu Charlottenburg.

I. Die Kiefer. Mit 3 Tafeln. M. 3,—.
II. Die Fichte, Weißtanne, Weymutskiefer, und Rotbuche. Mit 4 Tafeln. M. 3,60.

— — Die Ergebnisse der in den Preußischen Staatsforsten ausgeführten **Anbauversuche mit fremdländischen Holzarten.** M. 2,40.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

*H* = measure of *Site*. see *p171*. !
Öttelt 1765 says *H* tells site; see p 172

